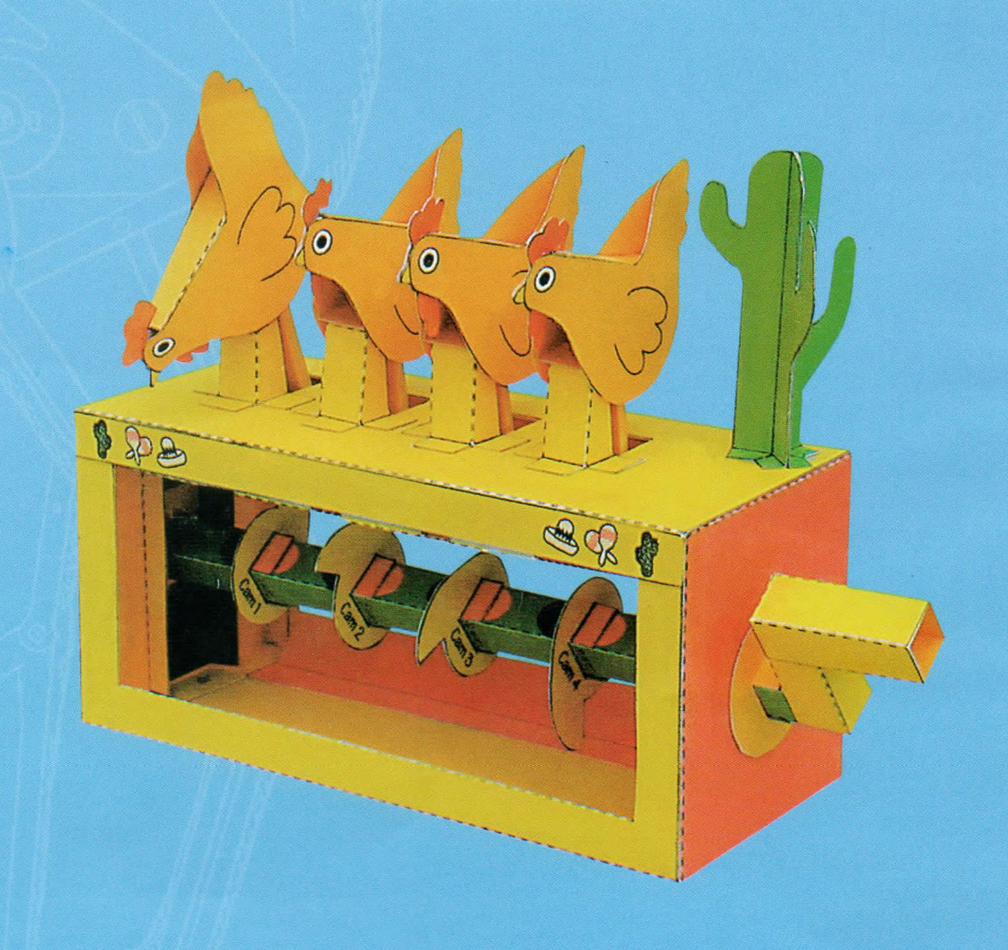

CASTILLO DE LA LECTURA
El libro de los maravillosos
AUTÓMATAS
de juguete
Gilberto Rendón Ortiz
Premio de literatura infantil y juvenil
CASTILLO DE LA LECTURA
Cam 1
Cam 2
Cam 3
Cam 4
CASTILLO

El libro de los maravillosos AUTÓMATAS de juguete

Gilberto Rendón Ortiz





Dirección editorial: *Antonio Moreno Paniagua*
Gerencia editorial: *Wilebaldo Nava Reyes*
Coordinación editorial: *Iván Vásquez Rodríguez*
Corrección ortotipográfica: *Antonieta Salas Chávez y Alma Cano Moga*
Coordinación de diseño: *Humberto Ayala Santiago*
Diagramación y formación: *By Color Soluciones Gráficas*
Diseño de portada: *Humberto Ayala Santiago*
Portada: ***Mexican Peck**, Rob Ives*
Contraportada: ***Sing Cats Front**, Keith Newstead*
Ilustración de interiores: *Héctor Medina*
Fotografías: *Luis Plata y Mario Lozano*

El libro de los maravillosos autómatas de juguete

© Primera edición, 2005
© Primera reimpresión, enero 2008
Ediciones Castillo, S. A. de C. V.
Av. Insurgentes Sur 1886, col. Florida,
C. P. 01030, México, D. F.

Ediciones Castillo forma parte
del Grupo Macmillan

www.grupomacmillan.com
www.edicionescastillo.com
info@edicionescastillo.com
Lada sin costo: 01 800 536-1777

Miembro de la Cámara Nacional
de la Industria Editorial Mexicana
Registro núm. 3304

ISBN: 978-968-5920-87-2

Impreso en México/*Printed in Mexico*

Agradecemos principalmente al Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres (Cabaret Mechanical Theatre), por el apoyo brindado a través de Sarah Alexander, su representante.

A Matt Smith y Paul Spooner.
A Carlos Zapata.
A Keisuke Saka.
A Keith Newstead.

A Gonzalo Cañas, del Teatro de Autómatas, por su colaboración y por continuar una tradición casi perdida.

A la BUAP (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla), por la información obtenida a través de Rodolfo Pérez García y Mario Pérez Rivera, asistentes de Don Cuco en sus agitadas giras.





Índice



Introducción para padres y maestros 8

Autómatas y robots 10

Memoria mecánica 12

¿Más que máquinas? 14

Autómatas de juguete 22

Desfile de autómatas 26

Los mecanismos que mueven a los autómatas 34

Palancas 35

Taller: Jugadores 38
Recursos 39

Articulaciones 40

Taller: Autómatas de cajas de cerillos 41
Recursos 42

Plano inclinado 43

Taller: Juguete con cuatro mil años de edad 44
Recursos 45

Levas 47

Taller: Escondidas 49
Recursos 50

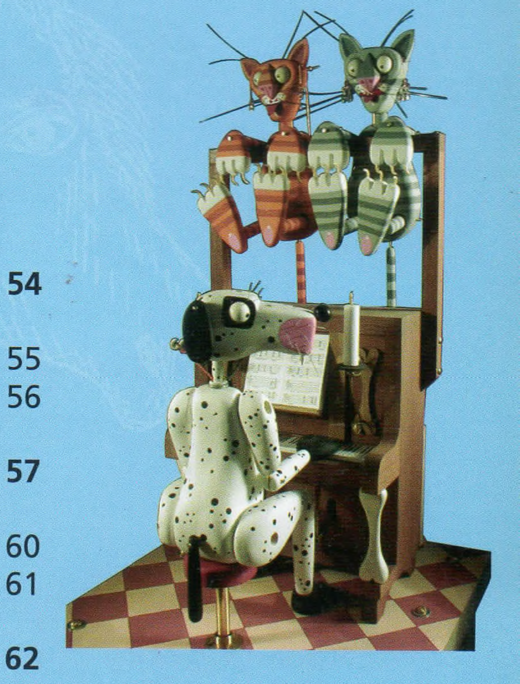
Ruedas de fricción 50

Taller: Borrego loco 51
Recursos 53









Engranajes **54**

Taller: Carrusel 55
Recursos 56

Poleas **57**

Taller: Paloma 60
Recursos 61

Bielas **62**

Taller: Gatobelo salta la cuerda 67
Recursos 69

Trinquete **71**

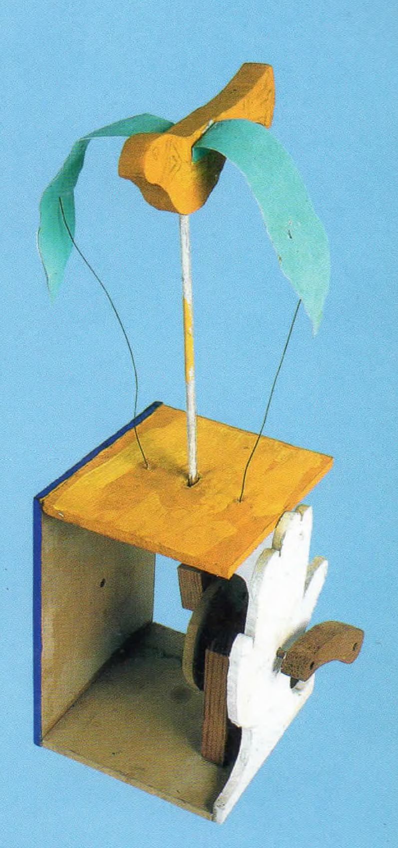
Taller: Traca, traca la matraca 75
Recursos 76

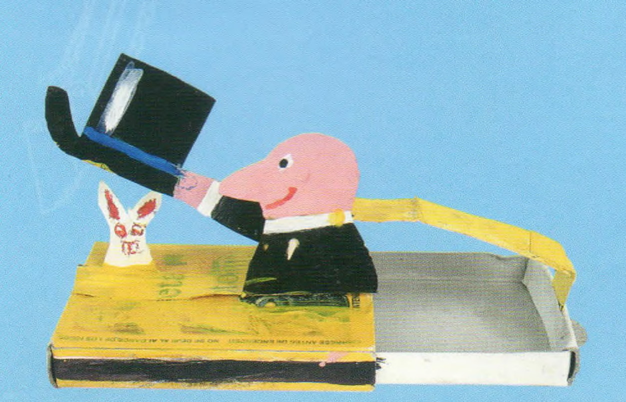
Propuestas para talleres **80**

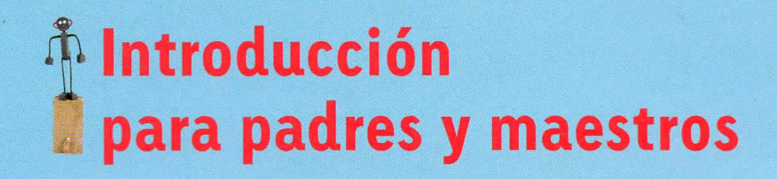
El diseño **81**

Vencidas 83
Mares tormentosos 83
Poli saluda a sus amigos 84
Trompa poderosa 85
Papalote 86
Caballito 87
Otra paloma 88
Mariposa 89
Dragón 91
Gato y ratón 92

Bibliografía **94**







Introducción para padres y maestros

Nos ha tocado vivir en el siglo XXI, el siglo de los robots y su enorme parentela: las máquinas automáticas. A pesar de que todavía no se ha hecho realidad tener un robot en el hogar, nos hemos acostumbrado a tal grado al vertiginoso avance de la ciencia que apenas nos asombran las maravillas tecnológicas que transitan el espacio hacia otros mundos, o los monstruos mecánicos que pululan tanto en las películas como en los parques de diversiones.

Antes del siglo de los robots hubo siglos de los autómatas, es decir, de artefactos mecánicos automáticos. El papel que desempeñaron los autómatas en el desarrollo científico y tecnológico de la humanidad es fundamental para comprender los logros del siglo XXI. Ninguna rama del saber se encontraría en su estado actual de desarrollo sin las aportaciones de los constructores de autómatas. Ni siquiera el arte y la literatura serían los mismos que hoy conocemos sin tal influencia.

Los autómatas fueron hechos a un lado por los avances de la tecnología, pero han resurgido en las últimas décadas como una forma artística que sus creadores denominan “autómatas de juguete”. Estos objetos son un lazo entre el futuro de la tecnología y el origen, los fundamentos y la evolución de esa tecnología. Un lazo entre los robots y los autómatas originales.

Además, los autómatas de juguete constituyen un instrumento que permite valorar

Una de las primeras muñecas andadoras. Caminaba por medio de un mecanismo de cuerda y la creó un artista de apellido Steiner en 1875. Museo Bethnal Green, Londres, Inglaterra.

los esfuerzos y logros de nuestros antepasados en cuanto a la creatividad, el ingenio y los conocimientos, al mismo tiempo que favorecen que el niño y el joven se introduzcan en distintas áreas de la ingeniería, a fin de estar mejor preparados para enfrentar los retos del futuro.

Lo anterior se ha comprendido bien en muchos países del mundo, en donde las clases de tecnología basadas en el estudio de autómatas de juguete son parte de los programas escolares desde la escuela primaria hasta las carreras universitarias.

El propósito de este libro es introducir al lector en el mundo de los mecanismos que hacen trabajar lo mismo a los robots más avanzados que a los autómatas de juguete más sencillos. Para ello he organizado una serie de propuestas de construcción. Parto de la idea de que la mejor manera de aprender cualquier asunto es mediante hechos que nos son significativos, de modo que manejar y manipular palancas, levas y engranajes será enriquecedor en la práctica y una mejor manera de entender la teoría. Al familiarizarse con los mecanismos de diseño y la construcción de los juguetes propuestos en esta obra, el lector estará en condiciones de crear sus propios autómatas.

La obra está pensada para buenos lectores de primaria y secundaria; pero con el apoyo de padres y maestros, aun los niños de los primeros grados de enseñanza primaria pueden iniciarse en el conocimiento práctico y teórico de los mecanismos que dan vida a los autómatas de juguete.

Don Cuco el Guapo, el robot pianista de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, preparándose para un concierto.

Autómatas y robots

¿Qué es un autómata? ¿No es lo mismo que un robot? En los años 20 del siglo pasado se inventó la palabra "robot", por lo que, para algunos autores, los autómatas son los viejos robots que se hicieron antes de esa época. Sin embargo, hay diferencias importantes entre unos y otros artefactos, aunque a veces no se notan mucho.

Veamos lo que dice sobre los autómatas el *Novísimo Diccionario de la Lengua Castellana*, publicado en 1901, una fecha muy cercana a la época de los autómatas mecánicos:

Venus sale de la espuma. Teatro de Autómatas, Valencia, España. Cortesía de Gonzalo Cañas.

autómata: figura humana que, por medio de ocultos y bien combinados resortes, remeda las acciones y actitudes de las personas, llegando algunas, por un esfuerzo prodigioso del arte, al extremo de pasear, sentarse, volverse, tocar el piano, el violín, la guitarra, etcétera.

Dícese comúnmente de las máquinas que imitan los movimientos de los cuerpos animados.

Cualquier máquina hábilmente combinada, que lleva en sí misma el principio de su movimiento, siempre que la potencia activa y motora entre como elemento fundamental en lo que es la construcción artística del conjunto.

Cabe hacer una aclaración: en su origen, que es griego, la palabra *autómata* es plural de *automatón*, forma que se ha conservado en otros idiomas, como en el inglés.

Don Cuco el Guapo

Don Cuco el Guapo, como cualquier otro pianista, desliza sus dedos sobre el teclado, lee las partituras que se colocan con cuidado frente a sus ojos electrónicos y toca ante un público compuesto por estudiantes, empleados, funcionarios, gobernantes y hasta reyes. Sí. Apenas había nacido Don Cuco en agosto de 1992 en el Departamento de Microelectrónica de la BUAP (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla), lo invitaron a interpretar el *Huapango* de Pablo Moncayo a Sevilla, España. Era la conmemoración del Encuentro de dos Mundos, cuando Cristóbal Colón vino por primera vez a América, y el recinto donde habría de presentarse nuestro pianista estaba lleno. Al final, los reyes de España no dejaron de aplaudir la interpretación de Don Cuco.

Y éste fue el primer éxito del robot mexicano, el proyecto científico-tecnológico más difundido y reconocido en la historia de nuestro país. De ahí en adelante, no ha dejado de pisar escenarios nacionales, latinoamericanos y españoles para interpretar desde música de los Beatles hasta los acordes místicos de Bach. La fama lo acompaña, ya sea que toque solo, a dueto o con grupos de rock. Además, como es una estrella, ha ofrecido más de tres mil conciertos y ha grabado ya su primer disco, *Don Cuco el Guapo... ¡10 años con la música por dentro!*

Su nombre lo dice todo. Don Cuco el Guapo anda siempre muy prendidito, aunque supere la talla de la mayoría de los ciudadanos mexicanos: mide 1.97 metros, pesa 130 kilos y calza del número 10. Pero, claro, esto no le impide tener un escultórico cuerpo, porque fue modelado por la artista plástica Erika Weimer. Por si fuera poco, su alma transparente deja ver circuitos y chips por donde corre el torrente electrónico que le da vida. De esto han

Recurro al viejo *Novísimo Diccionario de la Lengua Castellana* porque sus definiciones están más cerca de la época de los autómatas mecánicos que de la era de los robots y de la idea que queremos dar nosotros. Fíjate, por ejemplo, en la última parte de la anterior definición: "la construcción artística del conjunto."

El *Novísimo Diccionario de la Lengua Castellana*, con su etcétera, quiso ahorrarse algunos párrafos, ya que los autómatas a los que se refería a veces tocaban no nada más un instrumento solitario sino en orquesta, al grado de que Beethoven compuso una obra, conocida como *Wellington's Victory, Opus 91*, para un conjunto de 43 muñecos mecánicos. Había autómatas que escribían poemas, dibujaban, jugaban ajedrez, bailaban... ¡lo mismo que hace, o puede hacer, un robot moderno!

Ahora bien, ¿qué es un robot? Si revisamos cualquier diccionario de español moderno encontraremos esta definición: "Robot: artefacto mecánico habitualmente controlado por computadora, que simula acciones humanas, especialmente en procesos industriales."

En efecto, los robots realizan las tareas más variadas. Algunos de ellos pintan las carrocerías en las fábricas automovilísticas, mientras otros caminan en el interior de los volcanes activos para recoger información para los investigadores; también los encontramos tanto empacando galletas en una fábrica como en las exploraciones del espacio y el océano.

Para todo esto, el robot recibe información de sus programadores y sigue las instrucciones para realizar una tarea física, como mover o manipular objetos.

Los transistores y los circuitos integrados, a partir de la década de 1950, hicieron posible la construcción de robots tal y como hoy los conocemos.

sido testigos alrededor de cuatrocientos millones de personas que lo han visto en escenarios y por televisión, en documentales, en entrevistas o en transmisiones en vivo.

Aunque muchos piensan que el oficio principal de Don Cuco es tocar el piano, labor que parece serle muy estimulante para calentar los dedos, en realidad trabaja como divulgador de la ciencia. Lo mismo acude con espíritu altruista a remotas comunidades indígenas que vestido de etiqueta a un congreso científico o a departir con embajadores de otros países.

Don Cuco es obra de la creatividad de mucha gente: técnicos electrónicos, computólogos, mecánicos, físicos, médicos, músicos, realizadores de video y escultores, principalmente. Bajo la dirección del maestro Alejandro Pedroza, todos colaboraron un tanto motivados por ese espíritu del doctor Frankenstein que en los siglos XVIII y XIX hizo crear autómatas y hoy, desde entrado el siglo XX, nos permite armar robots.



El esqueleto es de hierro y aluminio. Los sistemas circulatorio y nervioso se componen de cables, tarjetas, mangueras y pistones. La voz se escucha gracias a un sistema electrónico. El cuerpo es de resina poliéster. Tiene un ojo café de mirada melancólica y por el otro se asoma una microcámara para no olvidar el rostro de su público.



Memoria mecánica

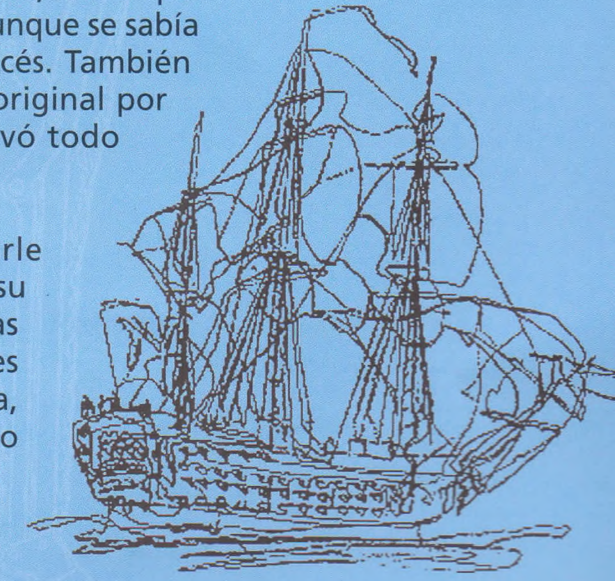
En noviembre de 1928, el Museo Benjamin Franklin de Filadelfia, Estados Unidos, recibió los pedazos de una máquina de latón muy interesante y compleja, pero totalmente arruinada. La familia que la donó la había conservado durante mucho tiempo, pues sabía que se trataba de un muñeco que escribía y dibujaba cuadros, aunque tenía por lo menos cien años que no funcionaba. La máquina había sobrevivido a un incendio y necesitaba mucho trabajo si se la quería reparar. Los expertos restauradores del museo hicieron un estudio cuidadoso del artefacto y comprendieron que la donación recibida era un tesoro, pues estaba emparentada con los artificios mecánicos del siglo XVIII. En esa época se construyeron máquinas maravillosas que podían imitar a las criaturas vivientes con tal perfección que se llegó a creer seriamente que se estaba a un paso de crear verdaderos seres vivos y la inteligencia artificial.

Autómata de Maillardet. Se encuentra en el Museo Franklin de Filadelfia, Estados Unidos.

A pesar de que carecían de información tan útil sobre el origen del muñeco y la probable fecha de su construcción, los expertos restauradores pusieron manos a la obra. Tenían la sospecha de que provenía de Francia, probablemente de los talleres de Pierre Jacquet-Droz y su hijo Henry Louis; pero podía también provenir de cualquier relojero desconocido. La familia donante pensaba que era creación de un inventor llamado Maelzel, pero no había pruebas de ello.

No sin mucho trabajo, en el museo lograron colocar todas las piezas restauradas en su lugar hasta que el muñeco estuvo listo, si bien por un tiempo se vistió con ropa de mujer del siglo XVIII, aunque se sabía que su ropa original era la de un joven soldado francés. También se tuvo que reemplazar el instrumento de escritura original por una pluma fuente ordinaria. En lo demás se conservó todo original.

¿Funcionaría?, se preguntaban al momento de darle cuerda. Docenas de bielas y engranajes relucían en su interior como si fueran nuevos. Y en efecto, las ruedas comenzaron a girar, las levas impulsaron finos tirantes y laminillas, y el autómata cobró vida. Bajó su cabeza, acomodó la pluma y empezó a bocetar un dibujo y luego



Dibujo realizado por el autómata escribiente de Maillardet. Museo Franklin de Filadelfia.

otro, y otro, y otro. Cuatro en total. Después escribió tres poemas, uno de ellos en inglés, y al final apuntó claramente con letra garigoleada: "Ecrit par L'Automate de Maillardet", lo cual se traduce al español: "Escrito por el autómata de Maillardet". ¡Era increíble: la primera pista de la verdadera historia e identidad de la máquina había venido de la propia memoria mecánica! El muñeco había ejecutado una serie de complejas instrucciones preparadas ciento treinta años atrás por Henri Maillardet, uno de los genios constructores de autómatas del siglo XVIII. Es decir, antes de las computadoras, antes de la máquina de Turing (famosa por ser un modelo computacional del siglo XX), los ingeniosos técnicos mecánicos, hace doscientos años, dominaban a la perfección la programación de los mecanismos.

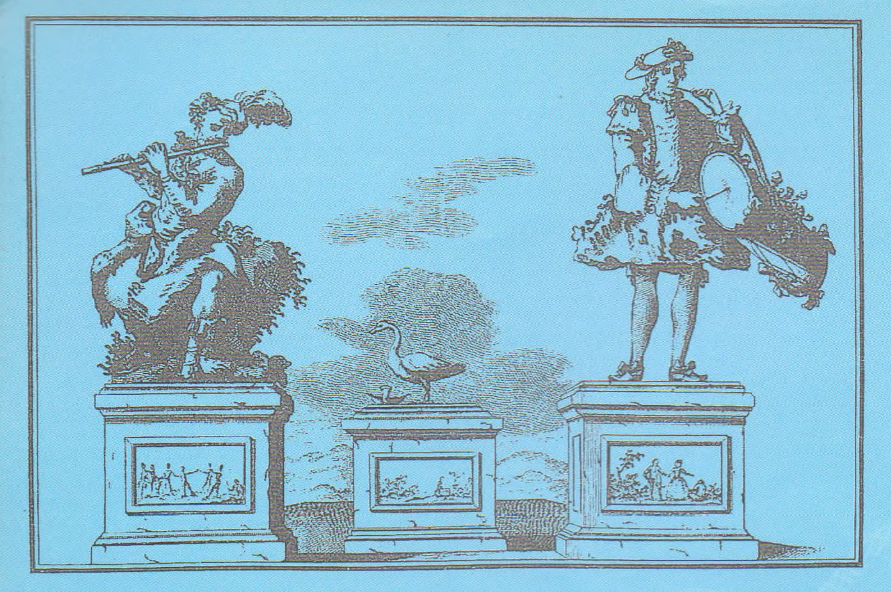
Otro dibujo realizado por el autómata escribiente de Maillardet. Museo Franklin de Filadelfia.

Henri Maillardet era un mecánico suizo del siglo XVIII. Trabajó en Londres en la construcción de relojes y de autómatas. Estuvo un tiempo en el taller de Pierre Jacquet-Droz, experto relojero que producía autómatas que podían escribir y dibujar. Maillardet sólo construyó otro autómata escritor. Lo hizo por encargo del rey Jorge III para regalarlo al emperador de China. Y claro, este otro autómata escritor del inventor suizo escribía en chino.

El autómata del Museo Franklin tiene la memoria mecánica más grande que cualquier otra máquina dibujante. Esta memoria está contenida en las levas, que no son más que ruedas excéntricas; en este caso, son discos de latón con bordes irregulares. Cuando las levas giran gracias al mecanismo de relojería, hay tres barritas de acero que van siguiendo los bordes de esos discos. Las barritas traducen los movimientos de las levas en tres direcciones: de lado a lado, al frente y atrás, y de arriba abajo. Y transmiten dichos movimientos a la mano del muñeco, a través de un sistema complejo de palancas y varas que producen las señales en el papel.

Además de maravillarnos ante los hermosos dibujos que realiza el muñeco cada vez que se le da cuerda en el museo, hay que destacar los esfuerzos que los constructores de autómatas hicieron por crear máquinas que imitaran a los seres vivos, pues son parte fundamental de los progresos tecnológicos de los siglos que les siguieron.

Autómata escribiente de Maillardet, recién restaurado y vestido de chica. Museo Franklin de Filadelfia.



El ganso que construyó Jacques de Vaucanson en 1738. Se dice que fue la pieza más ingeniosa que realizó. Los músicos son del mismo autor.

¿Más que máquinas?

¿Pueden las máquinas pensar e imitar a sus creadores? En los últimos treinta años, esta extraordinaria posibilidad se ha discutido con firmeza en los laboratorios de computación y de electrónica. Se piensa que sería posible crear una serie de programas de cómputo que permitan a la máquina tener sus propios pensamientos. El poder de la tecnología moderna lo podemos constatar día con día en una simple computadora casera y hasta en un teléfono celular; de ahí la esperanza de muchos científicos de lograr este sueño en un futuro cercano.

Cuando en 1997, el campeón mundial de ajedrez cayó vencido por una máquina ajedrecística, se habló mucho de lo cerca que se estaba de la inteligencia artificial; sin embargo, con el paso del tiempo se ha comprendido que, por lo menos hasta ahora, siguiendo las actuales posibilidades de la informática y la ingeniería, aún falta mucho para crear máquinas parecidas a los seres humanos.



Lo curioso del caso es que hace ciento cincuenta años se llegó a creer que se estaba a un paso de la inteligencia artificial y de la imitación perfecta de la vida. Se pensaba que los seres vivos eran una especie de máquinas que podían imitarse por medios mecánicos. En ese entonces había muñecos que escribían y dibujaban, que tocaban la flauta o el clavicordio, que hablaban y que incluso parecían respirar; poco les faltaba para ser humanos, decían.

En 1758, por ejemplo, el inventor francés Jacques de Vaucanson construyó un pato de cobre que chapoteaba en el agua, graznaba, bebía, comía y digería como un pato real. Sí, el alimento que tomaba con el pico llegaba a un estómago artificial en donde se digería, para arrojar luego un excremento con mal olor. A un paso de la vida misma. Sólo faltaba el hada azul de Pinocho. Sí, un toque mágico para ser real.

Este toque mágico lo vemos en el arte y en la literatura, en donde los sueños pueden hacerse realidad. La novela de Mary Shelley, *Frankenstein o el moderno Prometeo*, se inspira en la pasión que en su época (1818) despiertan los autómatas. También Hans Christian Andersen escribe

bajo esa influencia el hermoso cuento *El ruiseñor del emperador*. ¿Y qué decir de Copelia, una muñeca de relojería que cobra vida en un famoso ballet? El propio Julio Verne, en *Maese Zacarías*, imagina al ser humano como una máquina cuyo mecanismo depende del reloj que una criatura diabólica tiene en sus manos.

Los autómatas son un invento de tiempos muy antiguos. Hay muchas leyendas que cuentan sobre muñecos mecánicos que imitaban a una persona a la perfección. En China, en Egipto, en Grecia... Muchas de esas leyendas tienen su origen en hechos reales y en algunas de ellas intervienen personajes históricos.

Se cuenta, por ejemplo, que Alberto el Magno construyó un sirviente mecánico con el cual quiso dar una sorpresa a su alumno más aventajado, el joven Tomás de Aquino, quien luego fuera Santo Tomás. Cuando llegó Tomás a la casa, su maestro mandó al autómata a abrir la puerta. Tomás saludó al desconocido y éste le respondió con una voz no muy natural. El joven entró en sospechas y al entablar plática con el que parecía un nuevo empleado, descubrió que la voz le salía del estómago. Aterrado, creyéndolo obra del demonio, atacó al sirviente a palos y destruyó la obra de su maestro. Esto ocurrió en el siglo XIII. Alberto el Magno vivió de 1204 a 1272.



Imagina los delicados movimientos con que esta muñeca sube los lentes. La construyó el francés Pierre-Francois Jumeau en 1890. La elegancia y la seda del vestido son indicadores de la clase social que podía adquirir este tipo de juguetes en el siglo XIX. Museo Art Nouveau y Art Decó de Salamanca, España.

Sin embargo, la historia de los autómatas nos lleva muy atrás todavía. Ya en el año 62 de nuestra era se había escrito un tratado de autómatas. Su autor es Herón de Alejandría, un sabio de esa ciudad griega y egipcia a la vez, quien construyó muchos autómatas que se movían por medio de agua y aire. Herón también es autor de un teatro de autómatas.

Los teatros de autómatas eran muy populares en la Grecia del siglo I de nuestra era. En el siglo XVI, Bartolomeo Baldi reconstruyó un trabajo de Herón de Alejandría. Se trata de *Apoteosis de Baco*, obra en una sola escena y sin cambios de decorados

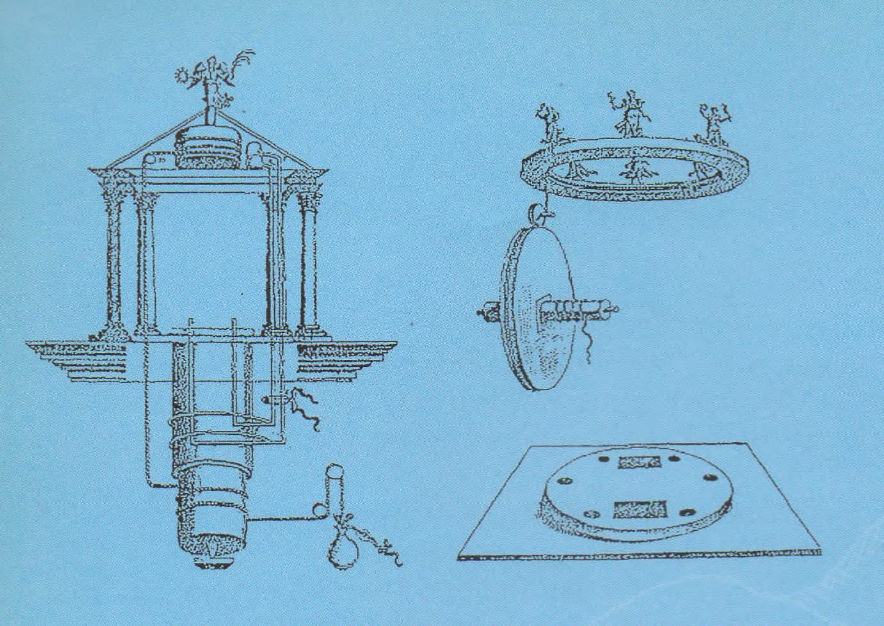


Diagrama de la reconstrucción de la *Apoteosis de Baco*. Esta pieza originalmente había sido realizada por Herón de Alejandría, pero Bartolomeo Baldi la rehizo en el siglo XVI.

en la que el dios Baco, acompañado de otras figuras, realiza distintos movimientos mientras se tocan tambores y címbalos, al tiempo que todo el templete en su conjunto gira y se desplaza (rotación y traslación).

Con el correr de los siglos, los teatros de autómatas se hicieron populares. Para escribir su famoso entremés *El retablo de las maravillas*, Miguel de Cervantes Saavedra seguramente se basó en un teatro de esta naturaleza. En la obra, un estafador de nombre Chanfalla hace creer a un grupo de incautos que las figuras de un retablo representarán, mediante movimiento, pasajes de la Biblia; pero para poder ver estas maravillas –la representación–, es necesario que los espectadores sean de "sangre pura". Aunque en realidad no aparece nada y nada se mueve, todos afirman que sí ven a los personajes bíblicos ante el temor de ser señalados como moros o judíos. Para entender el chiste de la obra, hay que saber que en la época de Cervantes, en España se consideraba malo ser moro (de origen árabe) o judío porque estos grupos no eran católicos.

Julio Verne, el escritor de los viajes extraordinarios, nos remite también a uno de esos teatritos ambulantes en una de sus novelas más conmovedoras, *Las aventuras de un niño irlandés*. Veamos algunos fragmentos de esta novela:

> En la mañana de aquel 17 de junio de 1875, las calles de Westport estaban completamente desiertas. Solamente un hombre que caminaba al lado de una carreta tirada por un enorme perro negro y escuálido las recorría lentamente, lanzando de vez en cuando lo que pretendía ser un alegre pregón:
>
> —¡Marionetas reales! ¡Marionetas!
>
> A poco se vio rodeado por una veintena de personas, niños en su mayoría.
>
> La carreta de las marionetas está construida muy rudimentariamente. Una caja cuadrada colocada sobre las ruedas, de la que salen unos palos a los que va enganchado el perro; una tela andrajosa,



sujeta con una varilla de hierro, cubre la parte posterior; encima, una tapa que al levantarse deja al descubierto lo que pudiéramos denominar escenario.

Thornpipe levanta la tapa y comienza el espectáculo.

—¡Señoras y caballeros! Esta maravillosa escena que ofrezco a mis espectadores representa el salón del trono en el castillo real de Osborne, en la isla de Wight, durante una recepción oficial.

Efectivamente, la pequeña decoración simula un salón. Las paredes están formadas por planchas de cartón en que han sido pintadas puertas y ventanas. El suelo, también de cartón, está cubierto por un tapiz de colorines sobre el que se ven mesas, sillones y sillas del mismo material, colocados hábilmente para que no impidan el paso de los encumbrados personajes que pueblan el salón.

—Como puede verse –siguió diciendo Thornpipe–, al fondo se halla el trono, con su pabellón de terciopelo carmesí con franjas de oro, idéntico al que se encuentra en dicho castillo. Sentada en él se halla la reina Victoria, vestida de gran gala, con el manto real sobre los hombros, la corona en la cabeza y el cetro en la mano.

Nuestro hombre dio un golpe con su látigo en el interior de la caja, al que siguió un gemido, y en el mismo momento, como por arte de magia, la escena cobra vida. Aunque su majestad no abandona el trono, mueve la cabeza de derecha a izquierda al mismo tiempo que baja y sube el cetro, como si se tratara de una batuta. Por lo que hace a los componentes de la familia real, se vuelven y saludan mientras el resto de los personajes que pueblan el salón desfilan ante el trono haciendo las consiguientes reverencias. Hasta los caballos de la guardia se estremecen y mueven la cola. Todo esto se complementa con el sonsonete de una musiquilla procedente de un organillo al que faltan diversas notas.



—¡Es admirable! –exclama, estupefacto, uno de los espectadores.

—No les falta más que hablar –dice otro.

—¿Y qué será lo que los hace moverse? –pregunta el panadero.

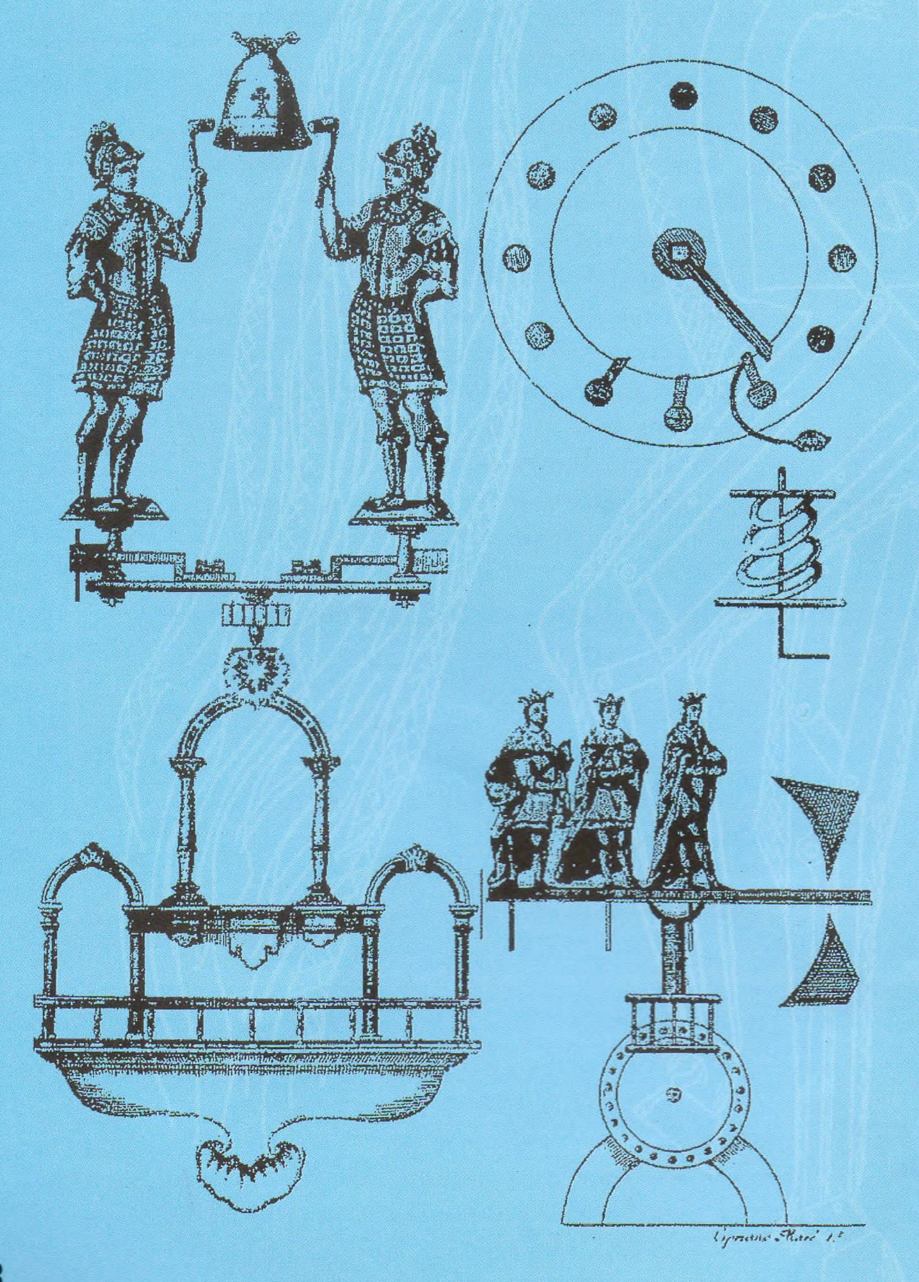
—¡El diablo! –afirma un marinero.

Antes de la invención de la fotografía, los teatros –entre ellos los teatros de autómatas– a veces constituían la única manera de que la población se diera una idea de cómo era el interior de los palacios y otros sitios a los que no tenía acceso.

Hasta aquí los fragmentos de ese hermoso libro de Julio Verne. Lo único que quiero mencionar en torno a lo anterior es que la fuerza que mueve el teatro destartalado es un niño de cuatro años de edad, metido en la caja a donde se dirigían los latigazos de Thornpipe: Hormiguita, el héroe de la historia. En ese momento el niño aparece macilento, famélico y con las piernas llenas de las huellas de frecuentes latigazos, pero, aviso a quien no haya leído esta novela, que, tras escapar de las manos de su desventurado explotador, el niño con el tiempo se transforma en el dueño de un pequeño y próspero negocio: la tienda de Little Boy and Company.

La fuerza que movía los mecanismos de toda especie, no sólo los teatros de autómatas sino incluso los relojes, experimentó muchos cambios en el transcurso de los siglos. En la época de Herón de Alejandría, fue el agua la principal fuente de energía. Todavía el tratado de Al Jaziri, el genial inventor árabe de fines del siglo XII y principios del XIII, habla de artificios que llevan el líquido de un lugar a otro para mover las piezas articuladas.

La evolución de los autómatas estuvo durante mucho tiempo muy ligada a la evolución de los relojes. Un monje benedictino, formado entre los árabes de España, inventó un reloj puramente mecánico. Gerbert d'Aurillac, quien sería elegido Papa en 999 con el nombre de Silvestre II, ideó un reloj de pesa, es decir, accionado por la caída de un peso. Este peso está enganchado a un eje por medio de una cuerda enrollada a su alrededor.



Esquema de los autómatas y el reloj de la Plaza de San Marcos en Venecia, Italia. Los relojeros incorporaron su talento y los mecanismos de relojería a la fabricación de juguetes. Dibujo de 1759.

Los relojes mecánicos se destinaron a distintas funciones: una como cronómetro, otra a representar el universo y una tercera a la reproducción mecánica de animales y personas.

En el siglo XVIII, los autómatas se empezaron a independizar de los relojes, pero no de los mecanismos de relojería. Un paso importante que dieron los constructores de autómatas fue incorporar su talento y sus conocimientos a la fabricación de juguetes. Esto ocurrió a mediados del siglo XIX.

Antes de eso, a inicios del siglo XIX, cuando en México se iniciaban los primeros movimientos de la lucha por la Independencia, los niños elaboraban sus propios juguetes o, si tenían suerte, se los fabricaba algún artesano local. Los grandes maestros relojeros de los siglos anteriores hacían juguetes únicos y maravillosos, de oro y plata, perlas y diamantes, para los hijos de los reyes y de los hombres muy ricos, pero no podían hacer más que una pieza. Era difícil reproducirlos en serie.

A mediados del siglo XIX, la automatización de muchas operaciones en las fábricas hizo posible la producción masiva de juguetes.

Si vemos los juguetes de los años 1850 a 1899, nos daremos cuenta de que muchos de ellos provienen de los constructores de autómatas. Incluso son más elaborados que muchos juguetes modernos. Pondré dos ejemplos de estos pequeños autómatas transformados en juguetes: un hermoso caballo mecánico inventado en 1867, que ilustra la clase de muñecos de cuerda que empezaron a fabricarse en esos años, y un dibujante mecánico de 1895, que es una muestra de que las enseñanzas de los grandes maestros del siglo XVIII eran aplicadas por sus seguidores.

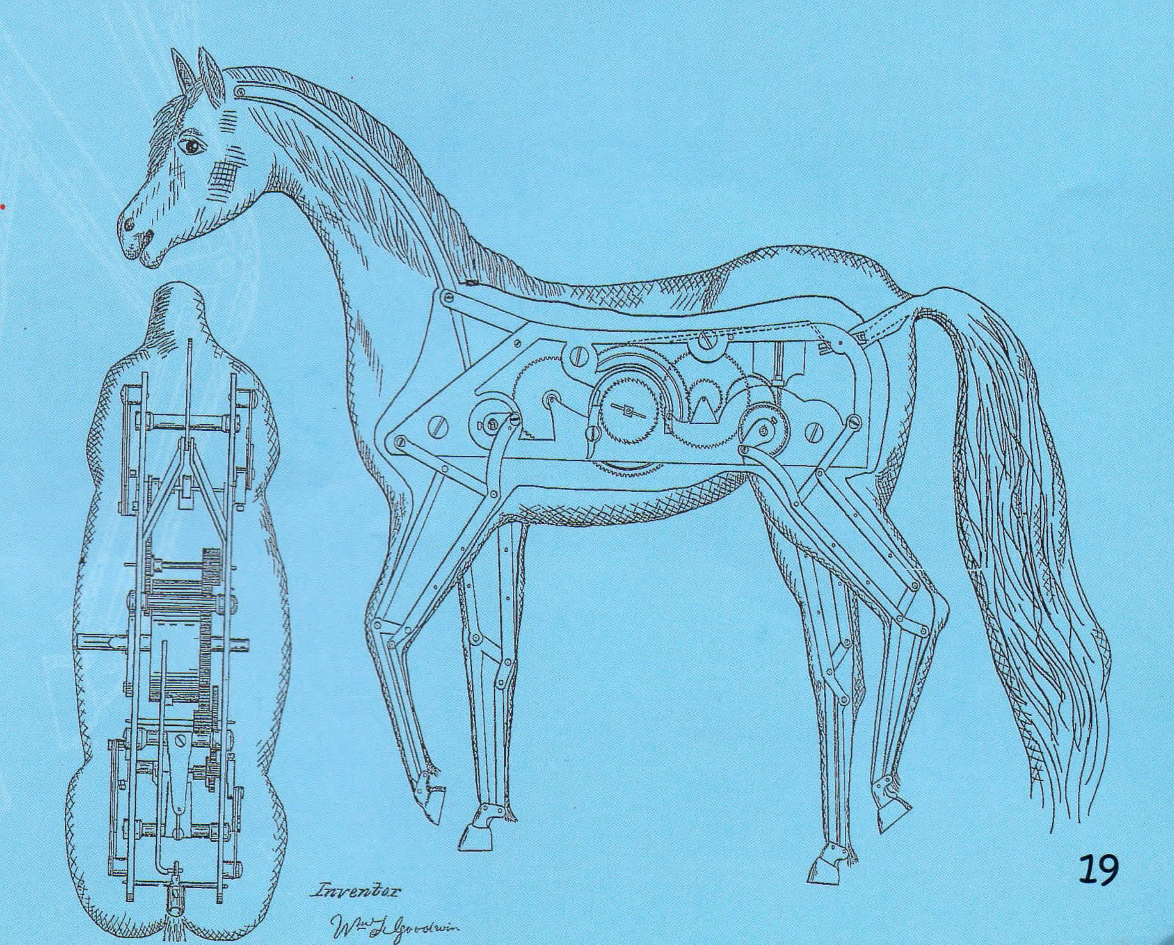


Diagrama de un caballo mecánico de 1867. Movía las patas y la cola por medio de un mecanismo de cuerda.

El muñeco dibujante obtuvo una patente en Inglaterra y luego otra en Estados Unidos, a nombre de "Caroline Spilsbury Pocock, gentil dama residente en Londres, Inglaterra –dice el certificado de autor–, quien ha inventado un nuevo juguete mecánico y máquina de anuncios, por la cual goza de la patente 698 de Gran Bretaña del 11 de junio de 1895."

Hago una traducción libre de dicha patente, que sigue informando:

> Mi invención se refiere a un juguete mecánico o máquina de anuncios. El objeto de mi invención es producir un juguete mecánico, consistente en un maniquí con la capacidad de dibujar una figura o escribir un mensaje sobre un papel colocado frente a él... Para este objeto, yo proporciono dos discos o levas, los cuales están cortados con cierto contorno en su periferia, de acuerdo con lo que deseo que escriba o dibuje el maniquí.

Es decir, el juguete podía ser encargado por una tienda de ultramarinos finos y el fabricante entregaba un disco que haría escribir al muñeco: "Compre puros en este establecimiento" o, en otro caso, realizar un dibujo especial.

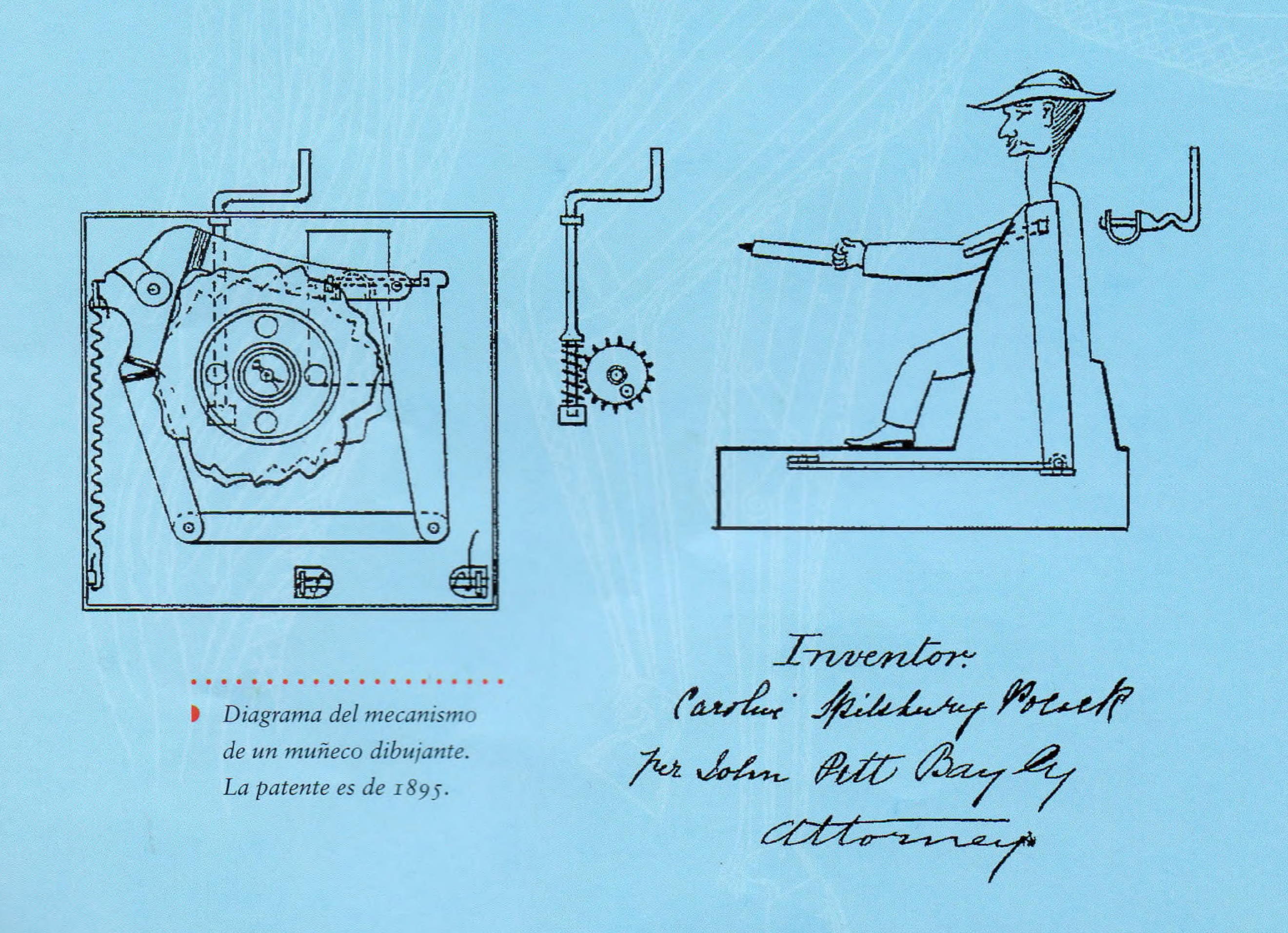
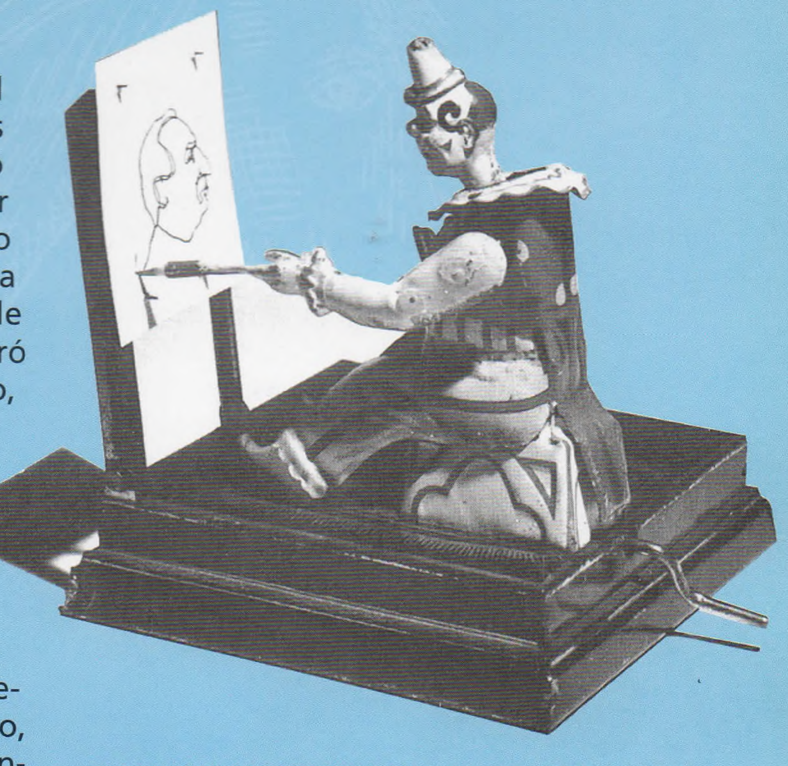


Diagrama del mecanismo de un muñeco dibujante. La patente es de 1895.

Y mientras los juguetes automáticos comenzaban a propagarse, los autómatas empezaron a decaer.

El teatro de autómatas desapareció del mundo, excepto en España. Los teatros mecánicos españoles, calificados como una magnífica muestra de arte popular mediterráneo, recorren las ferias de todo ese país desde 1920, aunque en 1992, la última de cinco compañías de teatro de autómatas –dirigida por Antonio Plá– cerró su espectáculo. Por suerte, ese mismo año, Gonzalo Cañas tomó en sus manos la recuperación y restauración de la barraca Hollywood, antes Fantasía animada y, con criterios de arqueología teatral, llevó a cabo su total recuperación. Con el nombre definitivo de Teatro de Autómatas, ha vuelto a ofrecer su espectáculo, pleno de sabor genuino y actualmente único, en las actividades culturales más representativas de España y Europa.



En 1900, el alemán Philip Vielmetter construyó este payaso dibujante, basado en el muñeco dibujante de 1895.



Presentación del Teatro de Autómatas español, que dirigió Antonio Plá y recuperó Gonzalo Cañas. Cortesía de Gonzalo Cañas.

Autómatas de juguete

Cuando los transistores, los circuitos integrados y los programas de computación hicieron posible la creación de las máquinas que llamamos robots, los autómatas fueron quedando en el olvido. O, en el mejor de los casos, pasaron a ocupar un lugar en los museos. Ya vimos cómo de los cinco teatros mecánicos que había en España en 1920, quedaba sólo uno en 1992.

Sin embargo, cuando parecía que se extinguiría por completo el interés hacia estos artefactos mecánicos, muchas personas en el mundo empezaron a construir réplicas artesanales, la mayoría de las veces de madera, pues ya no se conseguían con facilidad las ruedas excéntricas de bronce, los engranajes de latón, las laminillas y palancas, las piezas metálicas que antes constituían el alma y los mecanismos de aquellos artefactos. Se comenzó a jugar con los materiales y con las ideas creativas, y se terminó por hacer un arte de los autómatas de juguete, como se llamó a los nuevos ingenios mecánicos.

Los autómatas de juguete son, finalmente, simplificaciones de los verdaderos autómatas. Es un fenómeno contemporáneo, de unos cuantos años atrás a la fecha. Ilustran por lo general una escena común de un modo divertido, humorístico, curioso, poético, según la intención de su creador.

Podríamos dividir a los autómatas de juguete en tres categorías bien diferenciadas, según la complejidad de hechura y la clase y cantidad de movimientos que realiza, es decir, qué tan elaborados son.

La **primera categoría** que conviene destacar agruparía obras

Hombre comiendo sandías, *del colombiano Carlos Zapata, es un buen ejemplo de los modernos autómatas, donde se unen el arte y el ingenio. Cortesía del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres.*

artísticas y artesanales muy elaboradas, realizadas por profesionales. Muchas de ellas son comparables a los autómatas de antaño y pueden efectuar, con un simple movimiento de manivela o un mecanismo de cuerda, algunas acciones complejas.

Un ejemplo es la composición de un perro que toca el piano para acompañar a dos gatos cantantes. Keith Newstead construyó estos autómatas en madera. Las articulaciones indican el movimiento de los muñecos.

La **segunda categoría** comprende trabajos ingeniosos y originales que van de cierta sencillez a una complejidad media y que ilustran toda una escena completa. *El último dodo* es una pieza de humor a la inglesa en la que el acelerado modo de comer de los marineros contrasta con los pausados movimientos del capitán. La fotografía proviene del catálogo del Cabaret Mechanical Theatre (Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres). Para comprender el chiste, hay que saber que los dodos eran una especie de pájaro grande, más grande que un guajolote, de unos veintitrés kilos de peso, que vivían únicamente en la isla Mauricio, en el océano Índico. En 1507 los marineros portugueses descubrieron la isla. ¡Pobres pájaros dodo! Eran terriblemente mansos e indefensos. ¿Para qué contar las matanzas que hicieron entonces todos los europeos que tocaban la isla? El caso es que para 1681 ya no quedaba ni uno solo de estos enormes pájaros. La cuestión que se muestra mediante el juguete es la cena que se dio la marinería con el último dodo. Una crítica velada y un humor muy sutil.



Perro pianista acompañado de dos prestigiados gatos cantantes. Cortesía del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres.

En esta misma categoría, podemos incluir las reproducciones de autómatas antiguos de mediana dificultad. Precisamente por ello se pueden reproducir, ya que no eran tan complicados y fueron pensados para fabricarse a partir de moldes. Los dueños de esos moldes originales hacen, con ellos, reproducciones de algunos autómatas. Con esto preservan piezas antiguas. También hay artesanos muy diestros que suelen copiar fielmente un antiguo autómata de porcelana.

Por ejemplo, es posible conseguir entre fabricantes europeos muñecas parecidas a ésta, del francés Leopold Lambert que trabajó en el siglo XIX. Tienen movimiento tipo cajita de música y cara de porcelana pintada. Lo mismo puede decirse del *Pierrot sobre la Luna,* obra del también francés decimonónico Roullet-Decamps. La cara se fabrica en papel maché y los gestos pueden variar del original de 1890. Asimismo, continúan produciéndose, con igual calidad, cajitas musicales más tradicionales, como la de los monos, en las que la melodía se genera en la base.

La compañía de Christine y Laurent Duchaussoi, que ha puesto a la venta autómatas antiguos y modernos, explica en su catálogo que muchos de los primeros autómatas antiguos se refieren al mundo del espectáculo (circo, ilusionismo, música), de la vida cotidiana o de los gremios.

Algunos de los autómatas modernos los fabrican hoy en día con material de origen (incluso los moldes). Christine y Laurent Duchaussoi proponen obras de Vichy, Lambert, Roullet-Decamps y Phalibois.

La **tercera categoría** de autómatas se circunscribe a juguetes sencillos y a modelos de divulgación, propios para iniciarse en el estudio de mecanismos. Suelen representar una sola acción o una escena muy simple.

El último dodo, *pieza de humor a la inglesa en la que los marineros cenan el último de estos pájaros. Cortesía del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres.*

Autómata musical de Leopold Lambert, francés. La muñeca movía los antebrazos y los brazos, como lo hacen muchos autómatas actuales basados en juguetes antiguos. Se construyó hacia 1880 y hoy se encuentra en Londres.

Si definimos al autómata de juguete como "un juguete que lleva en sí mismo el principio de su movimiento" y si tomamos, además, como base los estándares del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres, casi cualquier juguete mecánico o de movimiento puede pasar a la categoría de autómata de juguete. Bastaría para ello la intención artística. Robert Race, artista inglés, ha hecho una interpretación de este juguete popular, un pájaro que picotea.

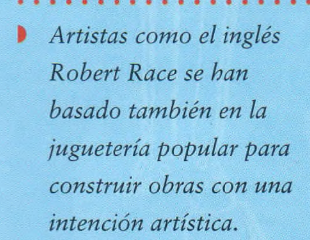
En Inglaterra y el resto de Europa, esta clase de autómatas de juguete es ahora parte esencial de los programas de tecnología en diversos niveles escolares, lo mismo en cursos universitarios que en la escuela primaria.



Caja de música con monos autómatas. La música se produce en la base. Probablemente de origen francés, hacia 1875. Museo Bethnal Green, Londres.

Raro autómata musical Pierrot sobre la Luna, *de Roullet–Decamps, francés. Lo construyó hacia 1890. Galería Sotheby´s, Londres, Inglaterra.*





Artistas como el inglés Robert Race se han basado también en la juguetería popular para construir obras con una intención artística.

Desfile de autómatas

En las siguientes páginas, antes de revisar cómo se hace mover a los autómatas, veremos un breve desfile de juguetes de movimiento y de autómatas de juguete. La idea es que tengas un panorama claro de lo que en esta materia se está haciendo hoy en diversas partes del mundo.

Bueno es comenzar en el Reino Unido, en el Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres, el principal impulsor en el mundo de estos mecanismos. El símbolo del museo es un autómata llamado *Barecat*. Su nombre es un anagrama de Cabaret. El museo reúne a los artistas más prestigiados y las obras más importantes. Cuenta con una extensa colección de autómatas modernos, es decir, contemporáneos, la cual ha servido también de inspiración a los nuevos artistas.



El Barecat es un muñeco con cara de gato, el cual mueve una manivela que hace que el gatito que está sobre la caja mueva la cabeza y señale con la mano. A su vez, el gato mayor mueve el brazo y la cabeza, gracias a las vueltas que manualmente se le dan a una manivela.

Barecat *es el nombre de este autómata. Es el símbolo del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres, que reúne la obra de prestigiados artistas. Su nombre es un anagrama de Cabaret, aunque también podría traducirse del inglés como "gato desnudo". Cortesía del museo.*

En los catálogos del museo aparece siempre un pequeño autómata llamado *Domador de leones*. Este juguete muestra una espeluznante escena: el león abre la bocaza y el domador mete en ella la cabeza, para sacarla en el momento mismo en el que la fiera da la tarascada. Esto se logra con un simple mecanismo que programa los dos tiempos de la acción, mediante un sistema de engranajes.



El domador de leones, *de Paul Spooner, está hecho de madera y madera comprimida.*

El Museo Cabaret Teatro Mecánico apoya los programas escolares, organizando en Inglaterra concursos de autómatas. Los ratones y el gato tras la pecera, los ratones que salen del queso y la cara que representa el Sol son ejemplos de trabajos enviados por estudiantes.

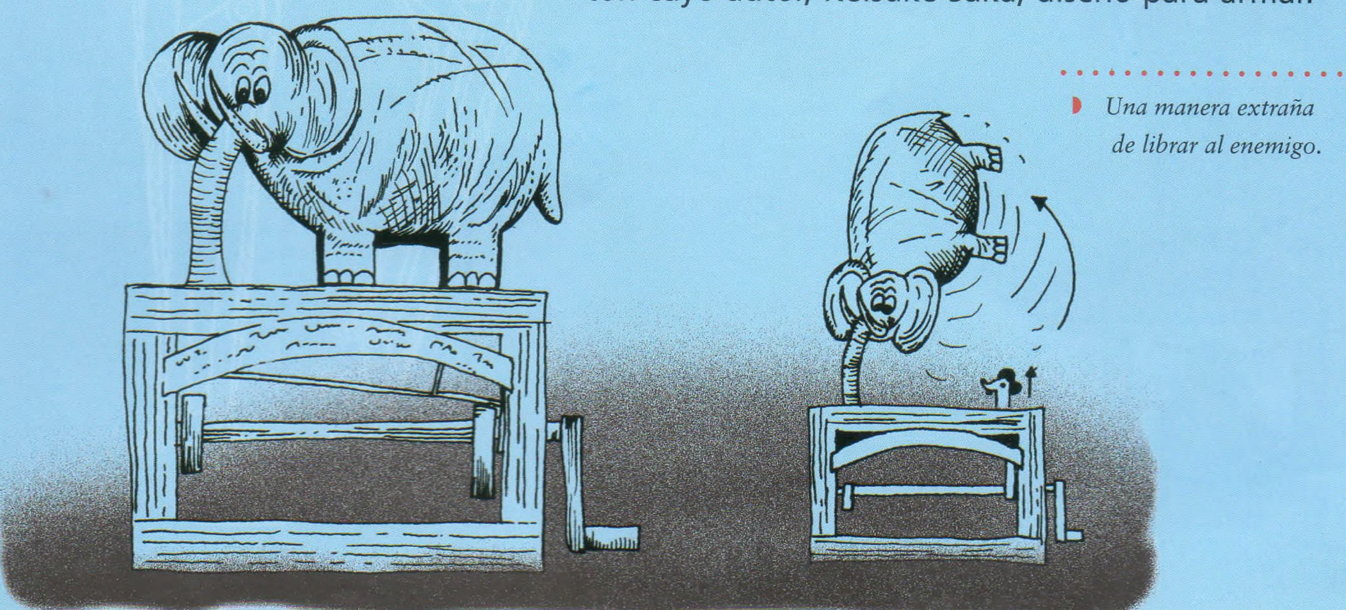
Una popular tendencia de los artistas es crear escenas humorísticas y cándidas, como la representada por el elefante y el ratón. El elefante, como se sabe, es un animal tímido. Cuando aparece sorpresivamente un ratón, no tiene ninguna otra escapatoria más que… ¡pararse sobre su trompa! La obra es del muy creativo artista londinense Neil Hardy.



Trabajos escolares que se realizan para los concursos que organiza el Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres.

También se encuentra muchas veces el humor intelectual, como el de *El último dodo* de páginas atrás. Además, abundan las creaciones poéticas o líricas, siempre con un dejo de humor, que hacen honor a aquella frase del diccionario de que los autómatas constituyen "un arreglo artístico de las partes". Un buen ejemplo de ello es la obra del colombiano Carlos Zapata. En la composición *Pareja frente al mar*, la expresión de los personajes refleja la sensibilidad del propio artista.

En países como el Reino Unido, Japón y Alemania se ofrecen a los escolares, y al público en general, juegos para armar tanto en madera como en cartón y papel. El papel es un extraordinario material para construir modelos y juguetes tridimensionales. Logra una gran solidez. Por ejemplo, el autómata titulado *Bajo el agua* proviene de Japón. Se trata de una figura de cartón cuyo autor, Keisuke Saka, diseñó para armar.



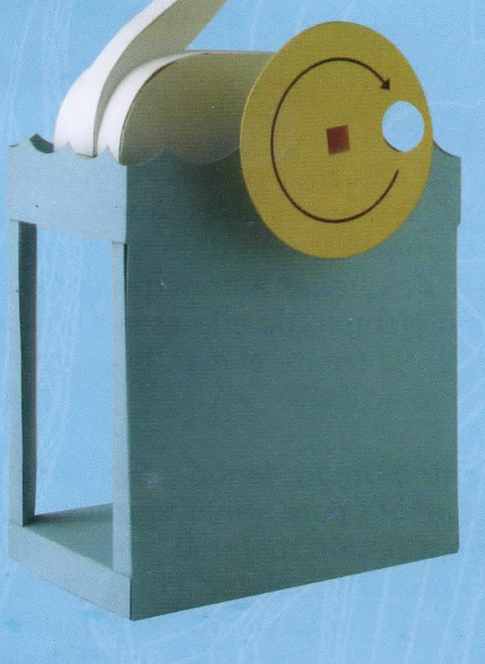
Una manera extraña de librar al enemigo.

Lo que se destaca en el trabajo terminado es el elegante movimiento que bajo el agua realizan las patas del cisne. Los japoneses comienzan a hacerse presentes en esta modalidad artística y artesanal.

Los ingleses Rob Ives y Neil Hardy, y el galés Peter Markey son de los principales divulgadores de los autómatas de papel en Europa. Rob Ives tiene una página en internet, en donde se encuentran de manera gratuita los patrones y las instrucciones de algunas de sus creaciones. La dirección URL es: http://www.flying-pig.co.uk, en donde te recomiendo visitar periódicamente las notas de trabajo (*workshop notes*), pues en ellas explica cómo va ideando y diseñando sus modelos.



Pareja frente al mar, *de Carlos Zapata. Cortesía del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres.*



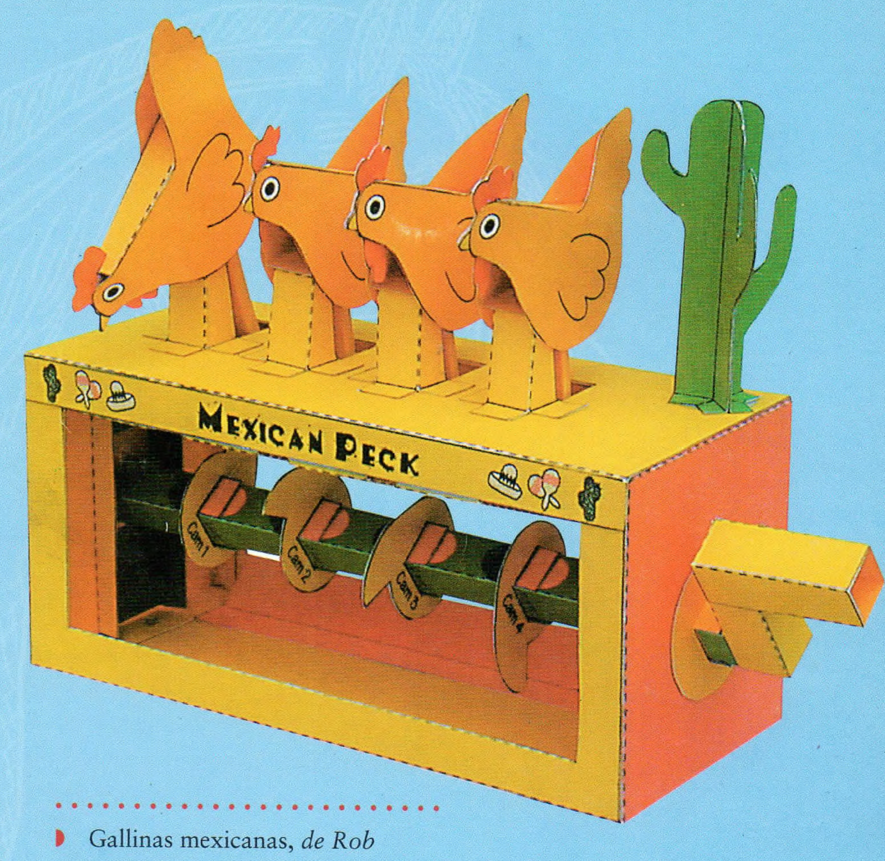
Bajo el agua, *del artista japonés Keisuke Saka.*



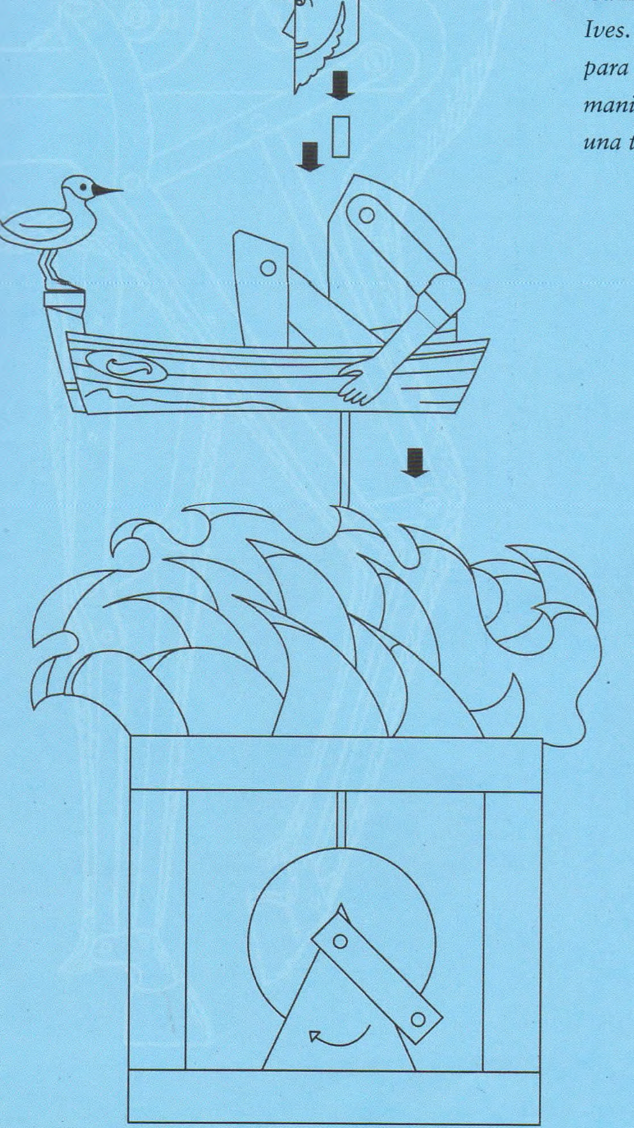
Exercising Fool, *bufón autómata de papel para armar. Cortesía del Museo Cabaret Teatro Mecánico de Londres.*



Entre los trabajos de Rob Ives se encuentra *Gallinas mexicanas*, llamado así porque las gallinas, al picotear, hacen lo que se conoce como "ola mexicana". Esto es, las aves picotean de manera sucesiva, una tras otra. Abajo de cada gallina hay una leva, es decir, una rueda con una especie de pétalo o lóbulo, lo cual permite "programar" la sucesión de picotazos.



Gallinas mexicanas, *de Rob Ives. Modelo animado de cartón para cortar y armar. Al mover la manivela, las gallinas picotean una tras otra, de manera sucesiva.*



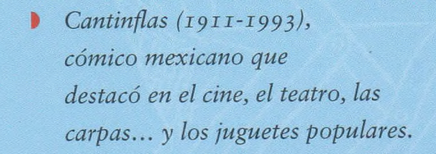
Finalmente, un diagrama basado en un juguete de Walter Ruffler, un artista alemán radicado en Bremen. Se titula *Mar tormentoso*. Una barca se bambolea en medio de las olas y el marinero, aunque se sujeta de la barca, casi sale de ella a cada balanceo.

Diagrama de un juguete de Walter Ruffler, Mar tormentoso.

En nuestro país no existe una tradición de autómatas. Se producen, eso sí, muchos juguetes artesanales accionados por mecanismos. La mayoría son elaborados a partir de patrones copiados de la juguetería de otros países, pero hay algunas creaciones originales dignas de mencionar.

Una de las más curiosas manufacturas nacionales es un muñeco que representa a Cantinflas y a otros personajes populares que mueven las caderas en un baile, al estilo del cómico en sus películas.

Las muñecas tarascas de hojas de maíz, que ejecutan alguna acción doméstica tirándoles de un hilo, tienen un enorme parecido con un muñeco egipcio de hace cuatro mil años (aparece en la página 43); pero mientras el juguete egipcio se basa en el plano inclinado para ejecutar su movimiento, nuestras muñecas utilizan un mecanismo de fleje de acero similar al juguete tradicional de los boxeadores.



Cantinflas (1911-1993), cómico mexicano que destacó en el cine, el teatro, las carpas… y los juguetes populares.

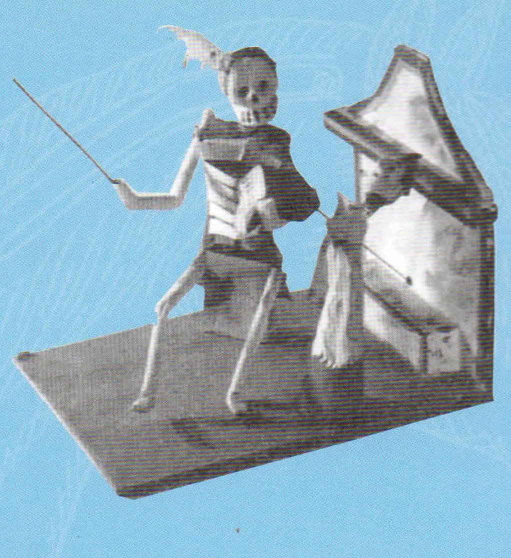




Muñecas tarascas, juguetes artesanales que tirándoles de un hilo simulan una acción con el metate.



El obispo y la Muerte, *ahora ya antiguo juguete mexicano. Museo del Hombre, París, Francia.*



Esqueleto con penacho y espada. *Este tipo de juguetes solían modelarse con una pasta de caña. Hoy, los pocos que se elaboran se hacen con harina o con yeso. Museo del Hombre, París, Francia.*

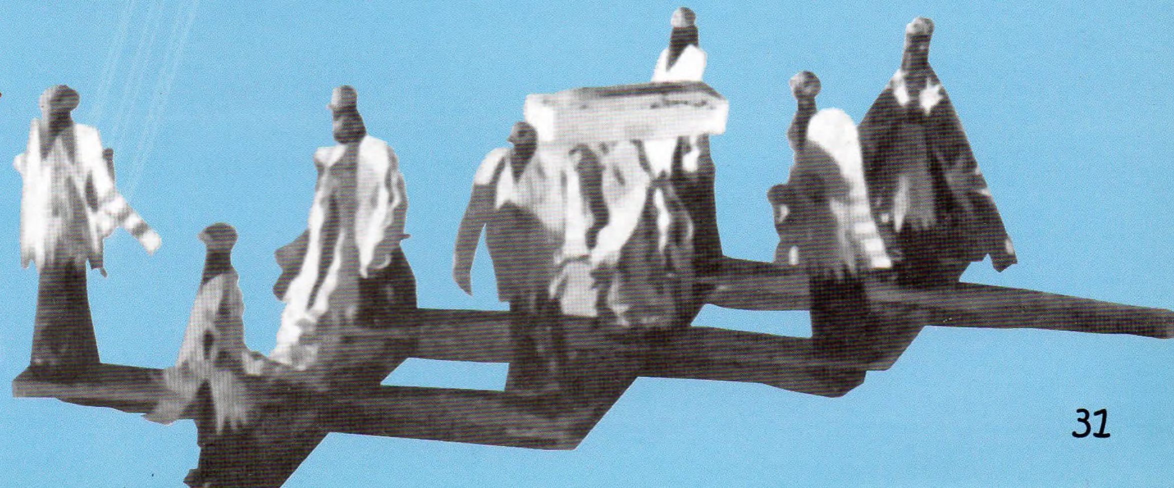
Mención muy especial merecen algunos juguetes tradicionales del día de Muertos, ya que estas figuras mexicanas, a pesar de su mecanismo simplificado al extremo, forman parte de una historia de la técnica y de la ingeniería del juguete. De hecho, los juguetes animados de la artesanía tradicional se mueven siguiendo los mismos principios de los autómatas de juguete. De ahí que se incluyan en un estudio sobre los autómatas, publicado en Francia en 1949.

Uno de estos extraordinarios juguetes representa un esqueleto vestido como un obispo, tendido sin vida en el suelo. Al tirar de un hilo o alambre, la Muerte extiende su brazo y levanta el cuerpo del prelado.

En otro, un esqueleto con un penacho y una espada parece cantar su propio réquiem antes de entrar al ataúd que se ve en una especie de capilla. Un cordel que tiene en la cabeza lo hace caer al ataúd.

La Muerte eleva al muerto para "revivirlo". Museo del Hombre, París, Francia.

La procesión con ocho muñecos de cabeza de garbanzo era un juguete muy conocido, al igual que el muerto que sale del ataúd al tirar de un cordel. Es una lástima que este tipo de figuras hoy se vea muy poco en los mercados.



Procesión fúnebre con calaveritas de alambre y cabeza de garbanzo. Museo del Hombre, París, Francia.

Algunas piezas de la antigua orfebrería azteca podrían ser consideradas juguetes movibles. Clavijero, en su *Historia Antigua de México* cuenta que entre las joyas que Hernán Cortés envió al rey de España había algunas curiosas figuras fundidas en oro y plata, como la de un papagayo con cabeza, lengua y alas movedizas y un mono al cual se le jugaban la cabeza y los pies, con un huso en la mano en ademán de hilar.

Alfiler de oro, elaborado por indígenas de lengua karib (o caribe). Guía del Museo del Oro de Cartagena, Colombia.

La conquista española borró casi todo vestigio de la cultura indígena, lo cual nos impide conocer la clase de mecanismos que pudieron aplicar a juguetes y piezas ornamentales. Una idea de lo que pudo haberse encontrado en el México prehispánico nos la da una pieza que se exhibe en el Museo del Oro de Cartagena, Colombia. Se trata de una cabeza de alfiler fundida en tres aleaciones y etapas sucesivas. El ave articulada balancea la cabeza y la cola, tal como lo hacen algunos autómatas de juguete más populares. La pieza de oro pertenece a la cultura quimbaya, que floreció en las templadas vertientes cercanas al río Cauca del siglo I al X de nuestra era.

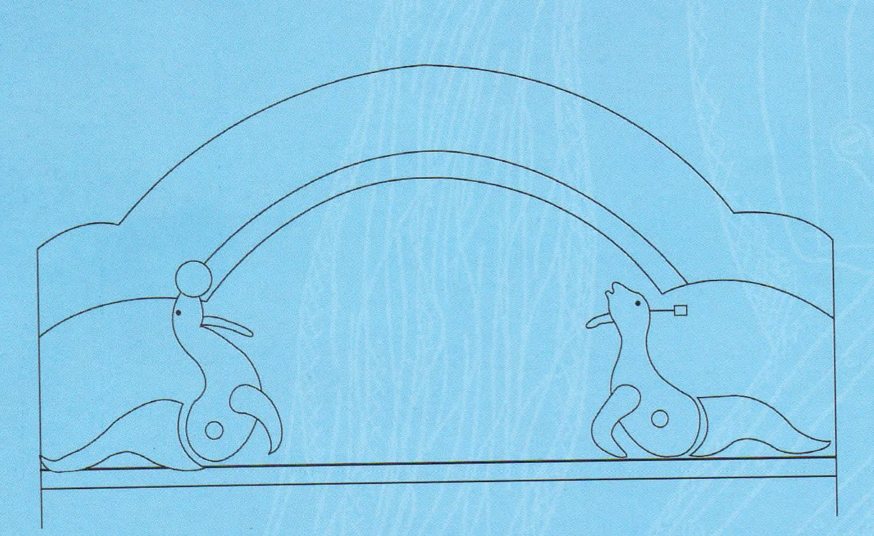
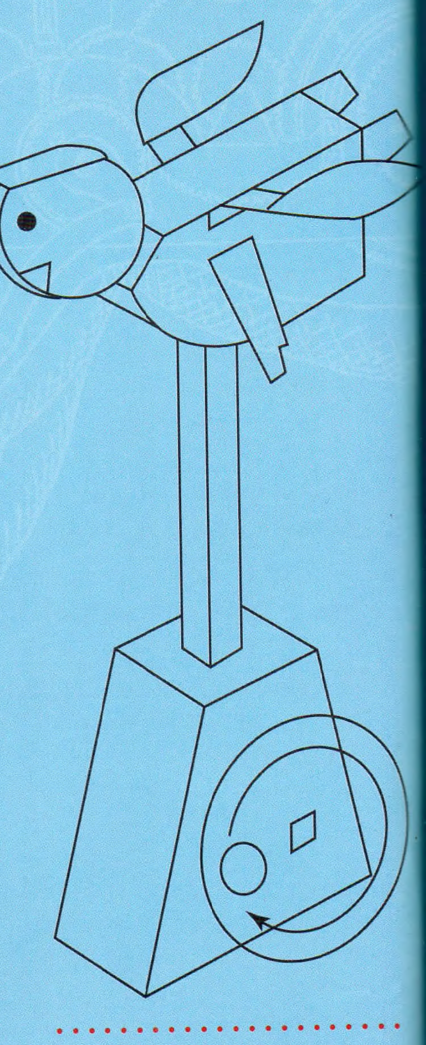


Diagrama de Focas, *paquete de madera para armar.*

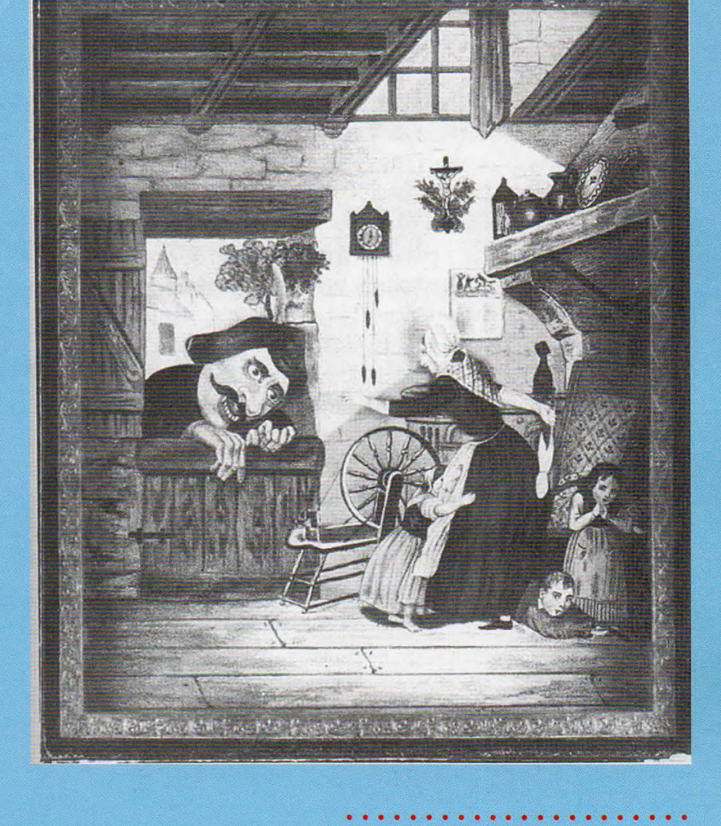
Sin embargo, el ejemplo más espectacular de un autómata en tiempos prehispánicos en territorio mexicano podría ser la famosa calavera maya de cristal, que permanece en manos de Mitchell-Hedges. Esta maravillosa obra de arte tiene varios puntos de enganche que, en opinión de Silvanus Morley, investigador de la cultura maya, podían haber servido "para manipular el objeto y producir la ilusión de que se movía o hablaba".



Ángel, *modelo de papel de Karakuri Paper Models (Modelos de Papel Karakuri), de Tokio, Japón.*

Algo similar ocurre con las figuras griegas y egipcias que utilizaron los sacerdotes para engatusar a los fieles creyentes. De hecho, en el mundo de la automática existe una larga tradición de "cabezas parlantes".

Respecto a los programas de estudio en el Reino Unido, conviene señalar que existen en Gran Bretaña muchas compañías especializadas en surtir *automakits* a las escuelas. Los *automakits* o juegos completos son paquetes con materiales precortados e instrucciones para armar un autómata de madera, ya que, de acuerdo con el plan de estudios, "los alumnos deben aprender cómo las máquinas simples se pueden combinar para producir diversos tipos de movimiento". En uno de estos paquetes, dos animales marinos juegan con una pelota. Muchos otros paquetes se venden en el Cabaret Teatro Mecánico, pues ante la demanda escolar, no tardaron en aparecer los creadores de autómatas de papel para armar, como los artistas ingleses Rob Ives y Peter Markey, el japonés Keisuke Saka y Walter Ruffler, de Alemania, mencionados antes.



Cuadro alemán construido con un motor de arena, donde un gigante asoma su cabeza a la cocina de una madre joven. Se construyó en 1870. Galería Christie's, Londres, Inglaterra.

En la juguetería artesanal y artística, hay juguetes de movimiento con mecanismos que los acercan mucho a los autómatas de juguete.

Aquí podríamos incluir también los libros y cuadros con figuras en movimiento. Se inician en los primeros años del siglo XVIII y llegan a su culminación con las dobles páginas creadas por el artista alemán Lothar Meggendorfer, entre 1880 y 1914. Estas páginas representan escenas con cinco o seis movimientos simultáneos.



Cuadro mecánico activado mediante un mecanismo de reloj. Se construyó en 1900. Galería Sotheby's, Londres, Inglaterra.

Los mecanismos que mueven a los autómatas

Como ya te habrás dado cuenta, los simpáticos autómatas del capítulo anterior se mueven por medios mecánicos. Estos medios se llaman *mecanismos.*

Si desbaratamos los mecanismos en sus componentes elementales, tendremos que esas partes son máquinas simples.

Los físicos definen una máquina como un aparato o conjunto de partes que ejecuta un trabajo. Ahora bien, el trabajo se realiza cuando un objeto cualquiera se mueve por medio de una fuerza. Así que una máquina es un aparato que se utiliza para mover una cosa.

De acuerdo con la Escuela de Alejandría, que hace unos dos mil años estudió el asunto, las máquinas simples son cinco: **palanca**, **plano inclinado**, **cuña**, **tornillo** y **rueda**. A éstas se han agregado algunas variantes y combinaciones de las mismas, como los **engranajes**, que son unas ruedas dentadas; la **biela**, que es la combinación de una palanca con una rueda, y el **torno** y las **poleas**.

En este capítulo, aprenderás a buscar materiales para elaborar tus propios autómatas y sabrás cómo armarlos a partir de la aplicación de esas máquinas simples y sus combinaciones. Para esto, se presenta una serie de ejemplos y talleres donde no habrá límites para tu imaginación e ingenio.

Para que tu trabajo como creador de autómatas sea lo más agradable posible, es conveniente que asignes un lugar en casa (puede ser un rinconcito), en el que puedas cortar los diferentes materiales y usar con libertad las herramientas sin peligro de romper algo. También sería bueno conseguir una caja grande de cartón (puede ser de huevo o una de esas cajas que contienen varios paquetes de

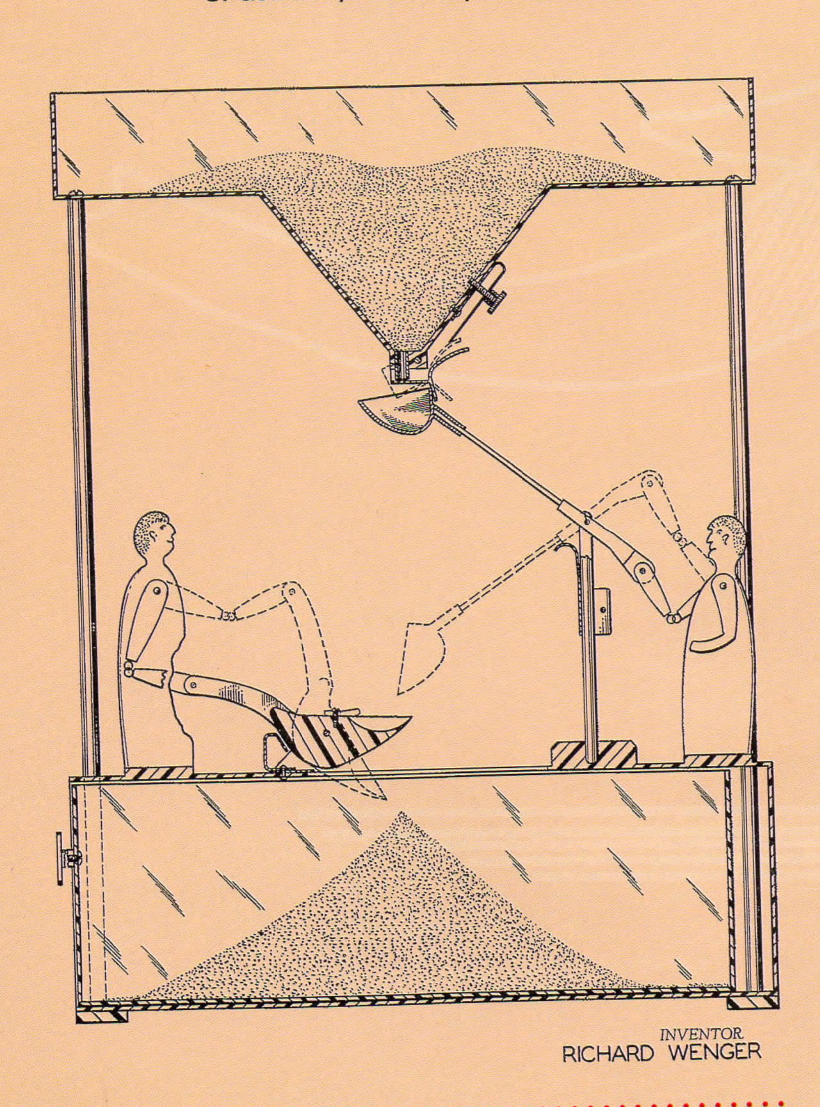


Diagrama de juguete de arena patentado en 1964.

detergente u otros productos) para guardar sobrantes de material, pegamento y herramientas. La finalidad es tenerlos siempre a la mano, sin que se te pierdan. A este tipo de cajas se le conoce como *cajón de sastre*. Debido a que a veces no es muy sencillo manejar algunos de los materiales que se te proponen en los talleres, es importante contar siempre con el apoyo de un adulto. Una persona mayor puede ayudarte a cortar madera, buscar y seleccionar el material más adecuado, enseñarte a usar el taladro y otras herramientas, recomendarte dónde comprar y solicitar cortes de madera y hasta dar su mejor opinión sobre tu trabajo como creador de autómatas.

Palancas

Todas las máquinas simples actúan de acuerdo con la *Ley de oro*, cuyo dictado dice que "si se consigue reducir esfuerzo para mover un cuerpo, obligatoriamente hay que recorrer más espacio". Esto se mira en la práctica del modo siguiente: si se mueve un objeto pesado con una palanca, entre más larga sea la palanca a partir del punto de apoyo, se necesitará menor fuerza. Bueno, ¿y qué es una palanca?

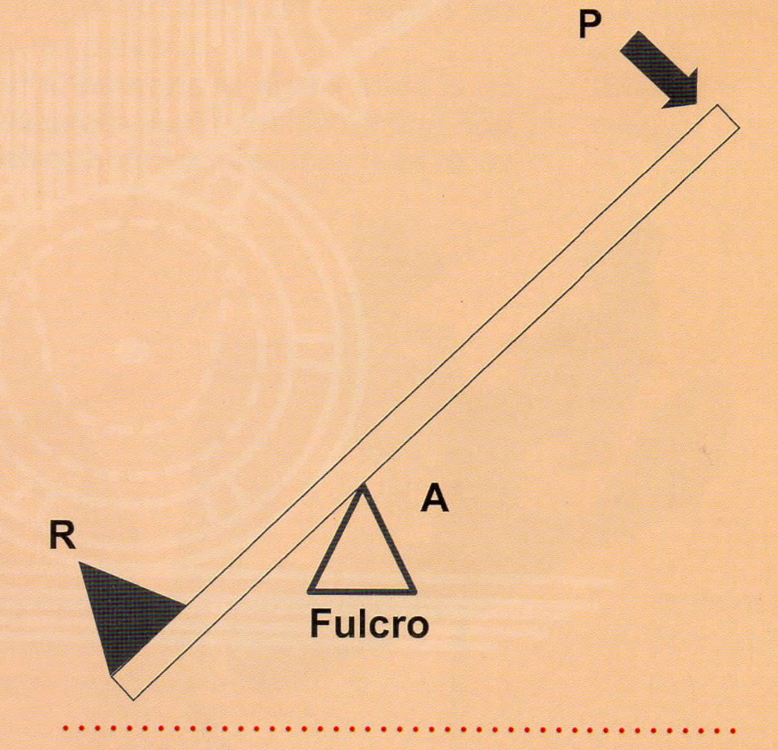
La palanca es la más sencilla de todas las máquinas. Su uso es tan antiguo que podría ser considerado el primer invento del hombre primitivo. Apoyando una rama tiesa contra un borde, nuestro antepasado pudo mover troncos y piedras pesadas. Esto es similar al modo en que nosotros abrimos un bote de pintura con ayuda de la punta de un desarmador.

La palanca consiste en una barra rígida sostenida por un pivote o fulcro, conocido también como *punto de apoyo* y en el cual puede girar. Si se baja un extremo de la palanca, ésta levanta el peso del otro extremo.

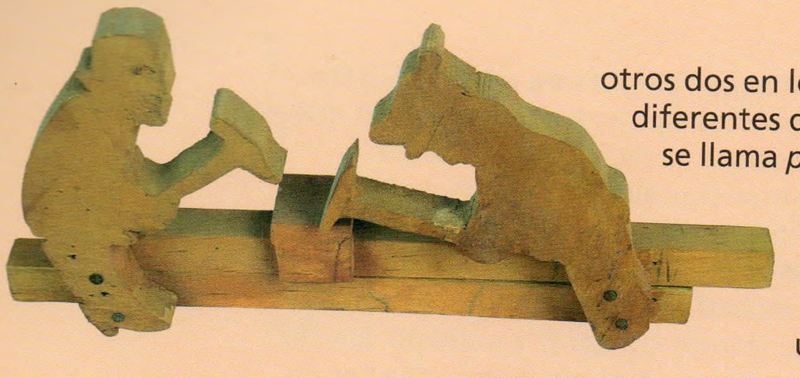
Al elegir de manera cuidadosa la posición del punto de apoyo, una pequeña fuerza en un extremo de la palanca puede levantar un gran peso en el otro extremo. A esto se le llama *ventaja mecánica*.

La palanca se utiliza como remo, desarmador, tijeras, pinzas y carretilla de mano, entre otras formas.

Una barra rígida puede usarse de tres maneras distintas en relación con el fulcro, la fuerza y la resistencia. Si pasamos cada uno de estos tres factores en medio y quedan, obviamente, los



Las letras P y R se refieren a los puntos en donde se realiza el esfuerzo y se mueve una carga. P es la potencia que se aplica y R la resistencia. La letra A corresponde al punto de apoyo, el eje de rotación al que también llamamos fulcro.



otros dos en los extremos, vamos a obtener tres clases diferentes de palancas. Si el fulcro queda en medio, se llama *palanca de primer género*; si la resistencia es la parte de en medio, hablamos de una *palanca de segundo género*; si la fuerza es la que se aplica entre el punto de apoyo y la resistencia, se trata de una *palanca de tercer género*.

Un arreglo de dos, tres o muchas palancas forma un sistema de palancas o un mecanismo que puede ejecutar los más curiosos y complejos movimientos.

Las palancas aparecen en casi todos los juguetes, en combinaciones sencillas o complejas, como se observa en el diagrama del juguete de arena (pág. 34) y en el juguete *Oso y obrero con martillo*; se trata de una figura de madera, con dos palos a manera de palancas.

Oso y obrero con martillo, *juguete de madera que se basa en un sistema de palancas. Observa el cambio de movimiento.*

Este arreglo es muy común en la juguetería popular, donde aparecen escenas de boxeadores, gallos de pelea, una culebra y una rana, dos enamorados, pollitos que se disputan una lombriz, así como otros cuadros simpáticos, en los cuales al mover un palo hacia uno o hacia el otro lado, los personajes entran en acción. Todos se basan en el mismo sistema de palancas, como el sube y baja montado en un rehilete, que lo hace subir y bajar por la acción del viento.

En el *Sube y baja* se alternan la fuerza y la resistencia. Unas veces el niño que está en el lado izquierdo aplica su peso para alzar al otro niño y otras veces es al contrario, de modo alterno.

Sube y baja, *juguete de madera montado en un rehilete. El viento divierte a los personajes, que se saludan.*

Los últimos treinta años del siglo XIX son del auge de los juguetes mecánicos. Ya se comentó que para esas fechas, los constructores de autómatas empezaron a aprovechar los avances de la industria y a producir juguetes en serie. Uno de los fenómenos más interesantes del mundo del juguete ocurrió entonces, cuando se lanzaron al mercado las alcancías mecánicas, que comenzaron a fabricarse en Alemania y otros países europeos; al llegar a Estados Unidos se volvieron un acontecimiento local, en algo propio de ese país, en parte de su cultura. Las fábricas estadounidenses así empezaron a producir cada año nuevos modelos de alcancías mecánicas. En parte la producción era industrial y en parte artesanal. Las piezas salían en serie de la fundición, pero se ensamblaban a mano y de igual modo se pintaban. El diagrama del elefante, que corresponde a la patente original, es un ejemplo de alcancía mecánica.

Observa con atención el diagrama. Se coloca una moneda en la trompa del elefante; luego se mueve la palanquita que asoma en el lomo del animal, el cual reacciona alzando la trompa y depositando la moneda en una ranura. Toda esta acción la ejecuta el conjunto de palancas. La palanquita que está en el lomo, al ser empujada, mueve las palancas que van a la trompa y a la cola del elefante. Para enlazar las palancas se hace una articulación que permite la libertad del movimiento, ya sea a base de tornillos, pernos, clavijas, broches o remaches. En cambio, en los tres puntos marcados en el diagrama B con una ruedita más oscura, las palancas van sujetas al cuerpo del animal. Estos puntos de apoyo se encuentran uno en el centro y los otros en el nacimiento de la trompa y de la cola.

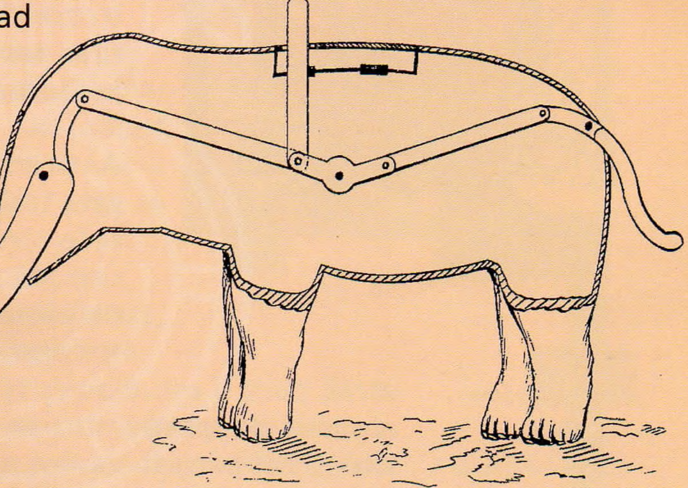
La función del arreglo de palancas es, como la de todo mecanismo, transmitir el movimiento de un lugar a otro. Para hacerlo se basa en puntos articulados y puntos que están fijos a un soporte, el cual puede ser un marco o parte del propio juguete, como en el caso de la alcancía de elefante.

Las palancas pueden ser de cualquier material rígido e incluso de cartulina, cartoncillo y cartón, lo mismo que abatelenguas de madera o viejas piezas de mecano.

Diagrama A

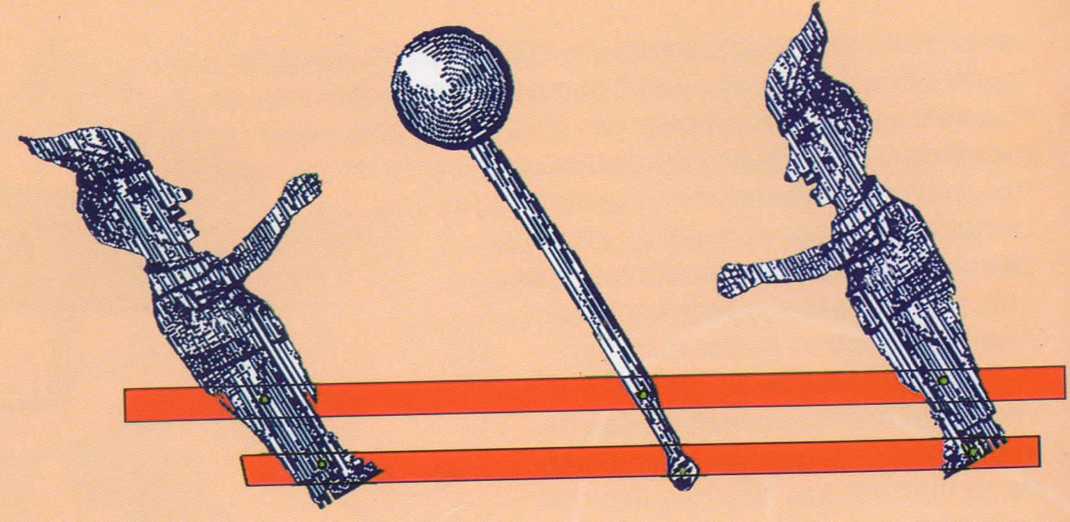
Diagrama A de alcancía mecánica de elefante, donde se ve el movimiento de la cola y la trompa. La patente original es de 1883.

Diagrama B



INVENTOR:
C. S. Barnard

Diagrama B de alcancía mecánica de elefante, donde se ven los puntos de articulación. La patente original es de 1883.



Jugadores de pelota, *juguete artesanal basado en un sistema de palancas.*

Taller

Jugadores

En este taller vas a poder construir los jugadores de pelota que se ilustran.



En este juguete, al mover las tiras de un lado a otro, los muñecos se lanzan la pelota. Se trata de un trabajo para mostrar el uso de las palancas. Puedes fotocopiar la ilustración, recortar los muñecos y la pelota, pegarlos sobre cartón corrugado y volver a recortarlos. Dos tiras de madera delgada o del propio cartón corrugado completarían los materiales necesarios. Observa que los muñecos y la pelota tienen dos puntos de unión (los círculos verdes) con las tiras que los mueven. Perfora esos puntos sobre tu fotocopia con una aguja y luego utiliza trozos de palillos redondos para unir las piezas con las tiras, las cuales también debes perforar. En lugar de estos jugadores puedes dibujar los personajes que quieras.

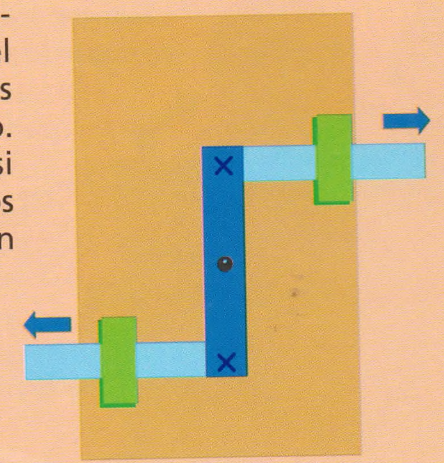
Lothar Maggendorfer's "Fur Brave Kinder", Pelea de gallos, *Braun & Schneider, Munich, 1884.*

A primera vista, este trabajo no parece tener relación con los autómatas de juguete que vimos desfilar páginas atrás, pero si estudiamos con atención algunos de los asombrosos libros movibles del pasado vamos a encontrar el parecido.



Fíjate en uno de esos libros antiguos: dos gallos de pelea frente a frente. En la primera vista, a la derecha, sobresale un poco una tira de papel. En la segunda, el extremo de la tira está muy afuera, porque ya se jaló hacia abajo. El resultado es que los gallos cambian de posición.

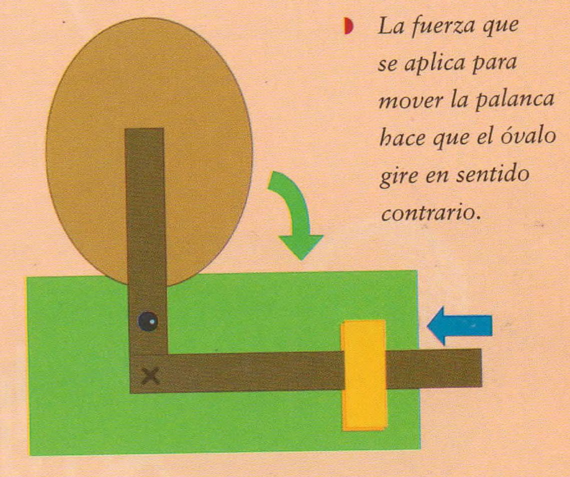
Si quieres, fotocopia los gallos, recórtalos, pégalos sobre el cartón corrugado y ponlos en el lugar de los otros muñecos. Tendrías dos gallos que juegan pelota en lugar de estarse peleando. Lo mismo podría hacerse con los muñecos, si pudiéramos meterle mano al libro: pondríamos los muñecos en lugar de los gallos y estarían en el libro dándose de golpes. Lo que se quiere ejemplificar es que en ambos casos se utiliza un juego de palancas muy similar. Lo que cambia es el modo de arreglar la página en el libro: todo el mecanismo está por atrás para que no se vea.



La fuerza que se aplica para mover una de las palancas empuja a la otra y viceversa.

Recursos

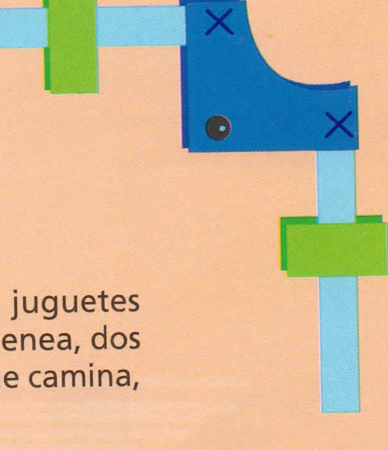
La mejor manera de conocer las propiedades de un mecanismo de palancas es la práctica. Por esto se propone realizar una serie de sencillos ejercicios. Éstos los puedes hacer sobre un cartón rígido, cartulina ilustración escolar o madera delgada. Usa tiras hechas con cartulina de algún fólder o una carpeta ya desechada. Si tienes broches para papel, mejor; de otra manera, corta una tira delgada de cartulina y dóblala a la mitad para tener una especie de pasador que puedes usar como broche.



La fuerza que se aplica para mover la palanca hace que el óvalo gire en sentido contrario.

En las ilustraciones, las articulaciones (para conocer qué son las articulaciones, ve a la página 40, donde se habla más sobre estos mecanismos) marcadas con una cruz (x) son móviles (van unidas sólo entre sí); las marcadas con un circulito oscuro son fijas, o sea que van unidas al cartón o la tabla. Los tres primeros conjuntos tienen una guía de cartulina para que la palanca, al pasar por ella, se mueva en la dirección deseada.

Las flechas azules indican la dirección de la fuerza aplicada, las flechas verdes muestran el movimiento resultante.



La fuerza aplicada por cualquier lado que se jale produce un movimiento de 90 grados.

Todos estos arreglos se pueden aplicar a escenas animadas y a juguetes mecánicos. Un ratón que se asoma, Santaclós que sale de la chimenea, dos boxeadores, una criatura que mueve los brazos o sus alas, otra que camina, etcétera.

En el primer arreglo, un jalón a una de las tiras se vuelve un empujón en la otra tira, y viceversa. En el segundo arreglo, se produce un giro en sentido contrario al impulso recibido. El tercer conjunto se mueve en ángulo recto, o sea 90 grados por cualquier lado que se jale. En el caso de las caras, cuarto arreglo, un jalón de la palanca hace que las dos se muevan en sentido opuesto.

Si a ese mismo arreglo le cambiamos de lugar una de las articulaciones, tal como se ha armado en el arreglo de la vaca, el jalón producirá que las palancas se muevan en la misma dirección.

Observa el arreglo del osito. Los brazos son dos palancas que se unen a una tercera, que se jala hacia abajo provocando que los brazos se alcen. Busca el diagrama del bote de remos en la página 41 y ve que el muñeco empuja los remos de modo parecido.

Finalmente, un sistema clásico, el del zapatazo.

Por más sencillos que parezcan estos arreglos de palancas, su elaboración te permitirá enfrentar aquellos retos en donde el manejo de los elementos articulados es esencial.

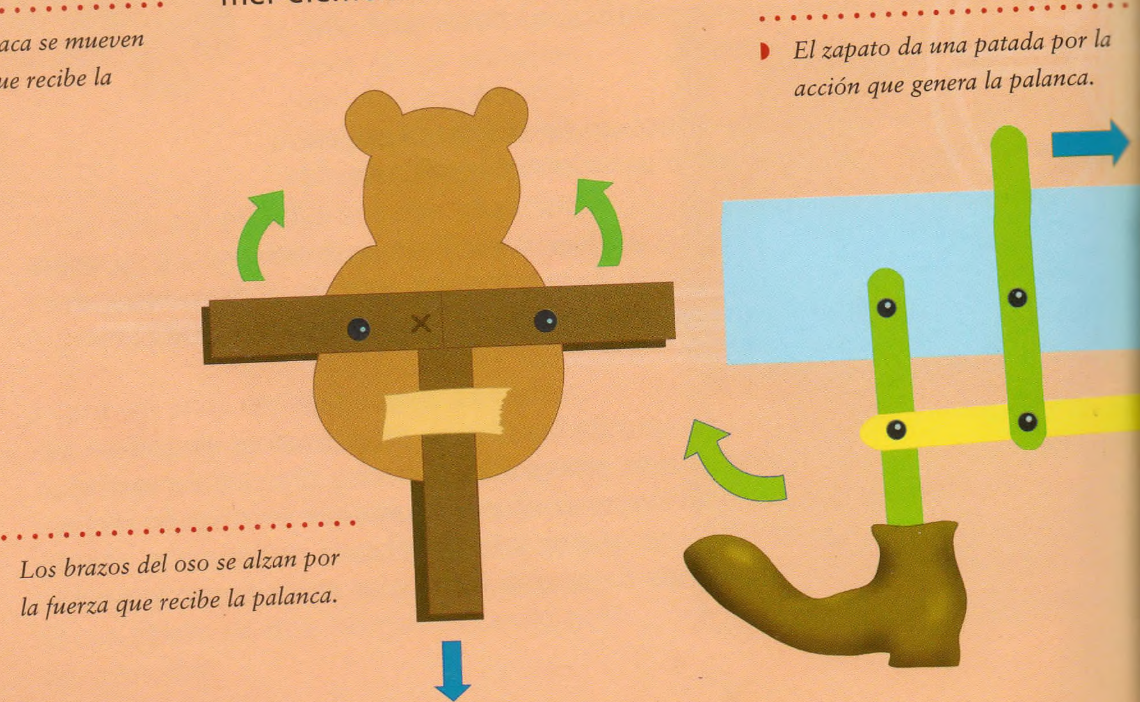
La fuerza que se aplica a una de las palancas hace que las caras se muevan en sentido opuesto.

Articulaciones

Algunos mecanismos están constituidos por una sola máquina simple, y hay otros que están formados por una combinación de ellas.

Un mecanismo es fundamentalmente un aparato que transmite movimiento. Tiene por lo general una pieza que inicia el movimiento y otra pieza que ejecuta el trabajo marcado. Puede existir un conjunto de elementos entre ambas piezas, encargado de transmitir los movimientos desde el primer elemento hasta el último.

Las patas de la vaca se mueven por el impulso que recibe la palanca.



El zapato da una patada por la acción que genera la palanca.

Los brazos del oso se alzan por la fuerza que recibe la palanca.

Entre las combinaciones de máquinas simples, los arreglos con palancas articuladas son parte esencial de muchos mecanismos, ya que pueden realizar diversas tareas y acomodarse de múltiples maneras. Se usan para cambiar la dirección, modificar la velocidad y seleccionar el o los momentos adecuados de mover las partes. En esta ocasión, además, nos van a ayudar a conocer el mejor modo de articular nuestros autómatas.

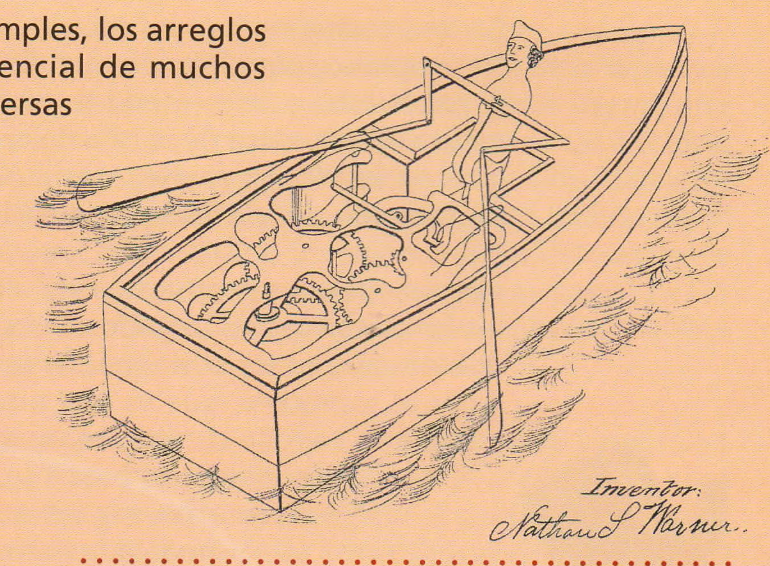
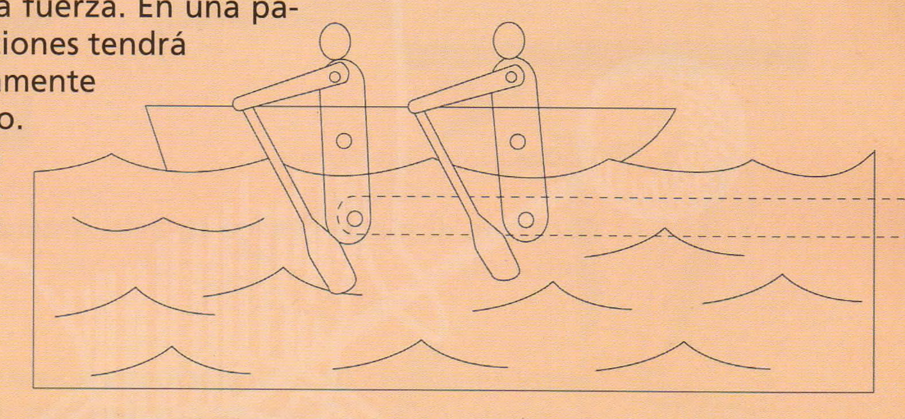


Diagrama de un bote de remos de juguete de 1869. Los remos son un modelo clásico de palancas articuladas.

Una articulación es la unión móvil de dos piezas o partes de una máquina o mecanismo. Articular es entonces unir dos o más piezas de tal manera que conserven cierta libertad de movimiento. Es, pues, una conexión o enlace.

Por lo general, los puntos de articulación corresponden a los puntos de apoyo y de resistencia, y en ocasiones al punto de aplicación de la fuerza. En una palanca simple, una de esas articulaciones tendrá que fijarse a una estructura, precisamente para que sirva de punto de apoyo. En algunos sistemas de palancas se pueden fijar dos o más articulaciones, según el efecto que se busca y la clase de movimiento.



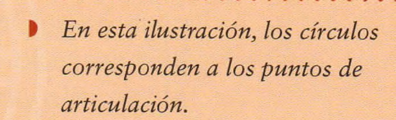
En esta ilustración, los círculos corresponden a los puntos de articulación.

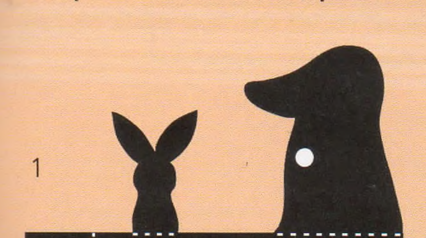
Taller

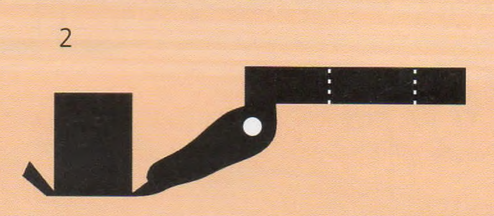
Autómatas de cajas de cerillos

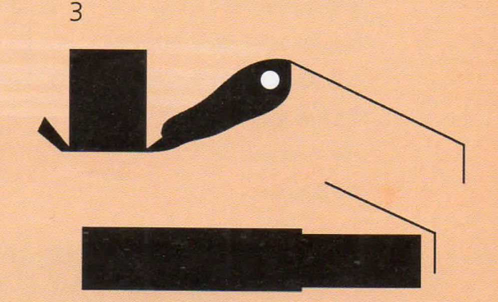
Éste es un buen trabajo de iniciación para chicos y grandes en el mundo de los autómatas de juguete. Enseña una sencilla modalidad para crear escenas divertidas por medio de la más versátil de las máquinas simples, donde también se emplearán articulaciones.

Necesitas una caja vacía de cerillos, cartulina, tijeras, lápiz, un palillo redondo, pintura acrílica, pinceles y plumines.









Moldes de cartulina para hacer un mago autómata con una caja de cerillos. Copia los moldes y adécualos al tamaño de tu caja de cerillos.

En una cartulina, haz los dibujos del mago, como se ve en el esquema. O fotocópialo y pégalo en la cartulina. Son dos piezas nada más; en el dibujo 3, se muestra cómo queda la parte de la mano y el sombrero y cómo se pega a la corredera de la caja de cerillos. Las líneas punteadas en los dibujos indican los dobleces. Hay dos puntos marcados para hacer una pequeña perforación donde irá la articulación.

Las dimensiones propuestas son el largo de la caja de cerillos. Observa en las fotos cómo van pegados el mago y el conejo a la cubierta. Gracias al doblez oportuno, el animalito queda un poco atrás del mago, para dar lugar al sombrero, que es una pieza aparte. Mientras el mago va pegado sobre la caja de cerillos, el sombrero se instala de otro modo. Por atrás del mago, el brazo se une al cuerpo por medio de un palillo que atraviesa las dos perforaciones. El extremo opuesto se pega a la corredera.



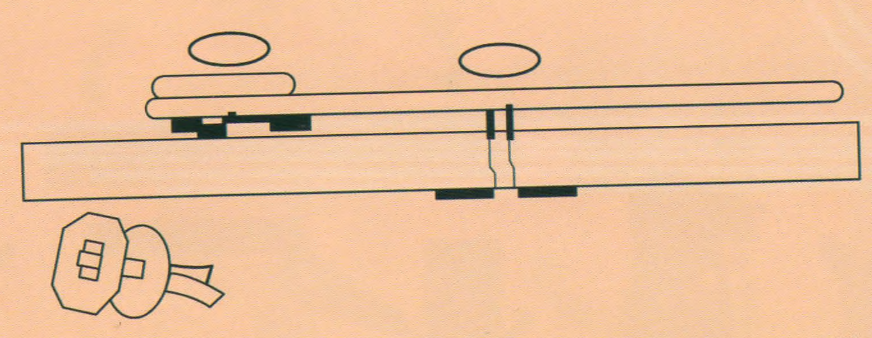
El mago, haciendo un truco.

Para que el mago realice su acto, mueve la corredera suavemente de un lado a otro.

Recursos

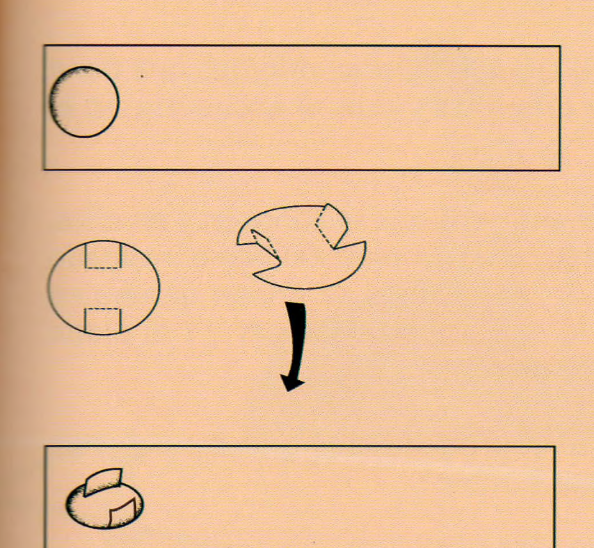
Hemos hablado de articulaciones fijas y móviles, y las hemos visto en varias combinaciones. ¿Cómo se pueden unir y fijar?

Las articulaciones de cartulina o cartón se unen con broches de dos patas para papel, con un cordón anudado en los extremos, con un trozo de palillo cerrado por una cuenta en los extremos y de otras maneras que dicta el ingenio popular.



Articulación móvil (a la izquierda) y fija (a la derecha), hechas ambas con broches para papel.

Primero tenemos una articulación móvil a la izquierda y una fija al otro lado, hechas ambas con broches para papel. La articulación fija se conecta a otra pieza (una base, un marco, un cuerpo, etcétera) y de ese modo se vuelve un punto de apoyo.



Una manera de unir piezas articuladas de papel o cartón.

Después se ilustra una manera de unir piezas articuladas de papel o cartón. Primero tenemos una de las piezas, a la cual le hemos hecho una perforación circular. Luego trazamos un circulito un poco mayor que la perforación. Dibujamos en él dos lengüetas y hacemos el corte. Doblamos el papel hacia arriba. Colocamos el circulito atrás de la pieza, haciendo que las lengüetas pasen por la perforación. Las doblamos hacia afuera y sobre ellas pegamos la otra pieza.

Las uniones de piezas de madera se hacen con palillos y con palos, redondos de preferencia. Una de las piezas queda pegada al palillo y en la otra, se cierran los palillos con cuentas de pulsera. Los palos de algodón se cierran con pequeños círculos de madera pegados en los extremos.

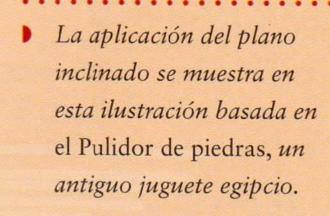
Para las uniones con alambre, los extremos se doblan en ángulo recto o bien haciendo un aro pequeño para impedir que las piezas se separen.

Plano inclinado

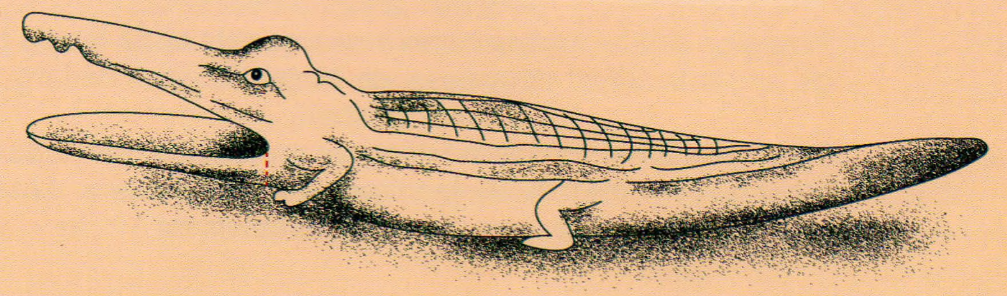
Las máquinas simples se han utilizado desde los primeros tiempos de la civilización, entre otras cosas, para hacer mover a los juguetes.

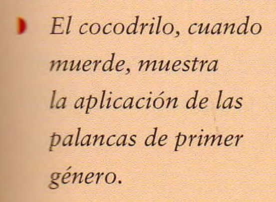
En 1876, se publicó en inglés una obra anónima titulada *El antiguo Egipto*, donde aparecían juguetes muy antiguos como los que aquí se representan. El primer dibujo se basa en la pieza conocida como el *Pulidor de piedras*. Ten presente que en el antiguo Egipto se levantaron muchos grandes edificios y que era muy común el oficio de pulir piedras para la construcción. Observa cómo se ha aprovechado el plano inclinado para representar la escena con un tironcito del cordón.

El segundo dibujo parte del juguete de un cocodrilo cuya boca es accionada por un tirante, que la cierra de golpe cuando se jala.



La aplicación del plano inclinado se muestra en esta ilustración basada en el Pulidor de piedras, *un antiguo juguete egipcio.*





El cocodrilo, cuando muerde, muestra la aplicación de las palancas de primer género.

La fotografía corresponde a otro juguete egipcio, original, que tiene un mecanismo de movimiento diferente y que se encuentra en el Museo de Louvre, París.

Éstos son de los juguetes más antiguos que se conocen y en ellos, se muestra la aplicación de máquinas simples: del plano inclinado en el pulidor de piedras, y de las palancas de primer género en el cocodrilo. Ya sabemos lo que son las palancas. ¿Y el plano inclinado? En seguida lo veremos.

El plano inclinado se utiliza para subir grandes pesos sin una grúa. ¿Cómo es posible?

Para subir un bloque de 10 toneladas a unos cuantos metros, hay que hacer un esfuerzo de 10 toneladas. Pero si empujamos o arrastramos el bloque por un plano inclinado bastaría, por ejemplo, un esfuerzo de sólo quinientos kilos, en caso de que la rampa tenga una pendiente de 1/20 y si despreciamos el rozamiento. Sin embargo, para elevar a un metro el bloque, la rampa debe tener 20 metros de largo. Así vemos que, como ocurre con las palancas, es necesario un gran recorrido de la potencia a cambio de un menor esfuerzo. De ahí la fórmula: "lo que se gana en esfuerzo se pierde en recorrido".

O sea, a menor esfuerzo, mayor recorrido. La tecnología moderna ahorra espacio en las rampas enrollándolas en espiral; de este modo se pueden tener rampas muy largas en poco espacio.

En el diagrama del muñeco que se baja por la rampa no se aprovecha el plano inclinado de la manera ordinaria, es decir, para subir una carga pesada, sino que se utiliza enrollado del modo contrario, esto es, para deslizar una figura aprovechando, además, la fuerza de gravedad. El diagrama pertenece a la patente original del juguete del año de 1911.

Este juguete articulado tiene más o menos la misma edad del pulidor, pero en lugar de pulir piedras, las cargaba. Museo de Louvre, París, Francia.

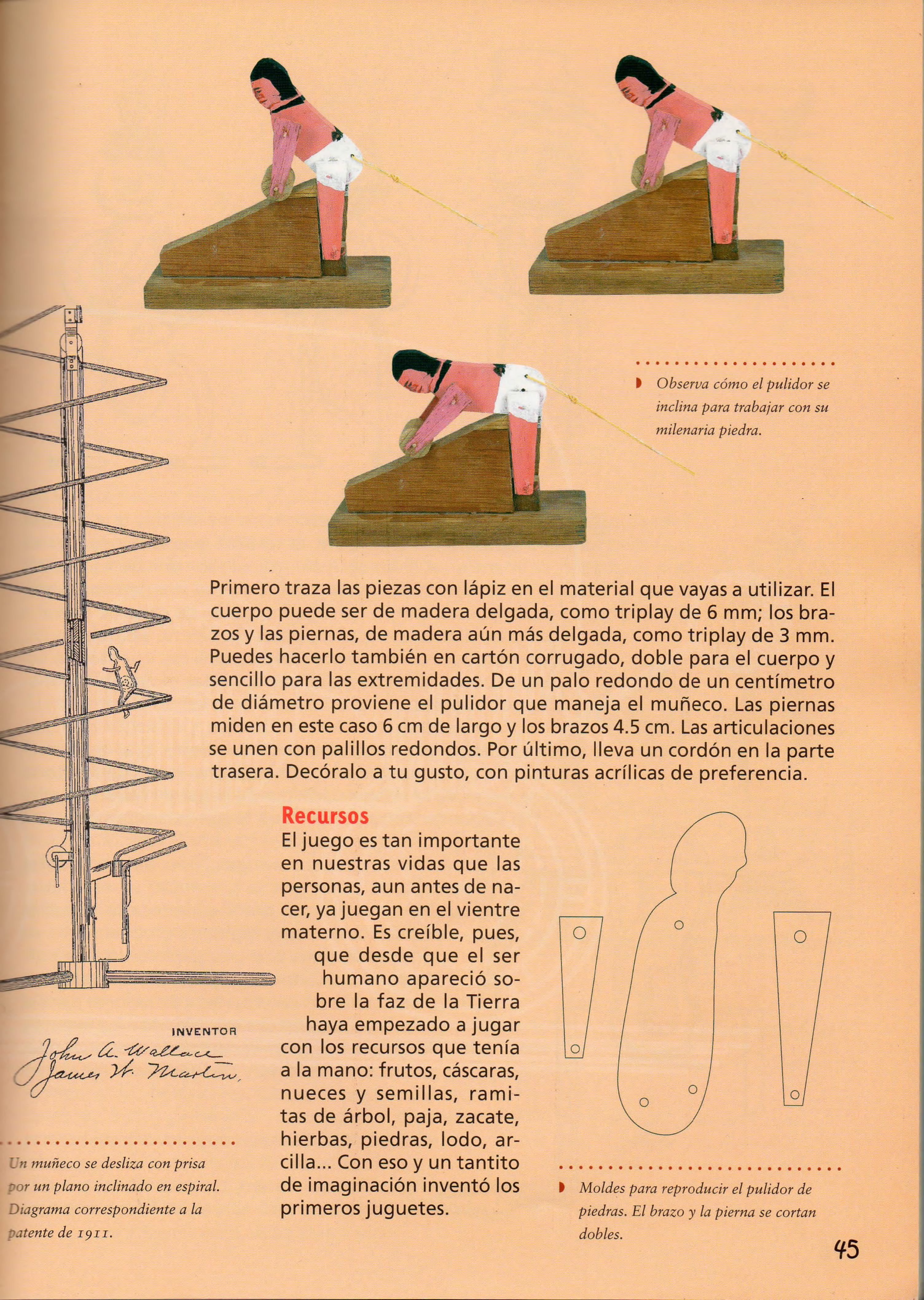
Taller

Juguete con cuatro mil años de edad

En este proyecto tomamos como modelo la imagen que se presenta en el libro *El antiguo Egipto*, para reproducir un juguete con el que se entretenían los niños egipcios dos mil años antes de nuestra era. Observa en las fotografías el movimiento del muñeco.

Para algo similar, utiliza como base una tablita de media pulgada (poco más de un centímetro) de grueso, de 15 centímetros de largo por 4 de ancho.

Sobre esta base, coloca un triángulo rectángulo que mida en sus lados rectos 6 por 12 centímetros, de la misma clase de madera. Antes de pegarlo, haz un corte recto sobre ese lado a la distancia de 10 cm.



Observa cómo el pulidor se inclina para trabajar con su milenaria piedra.

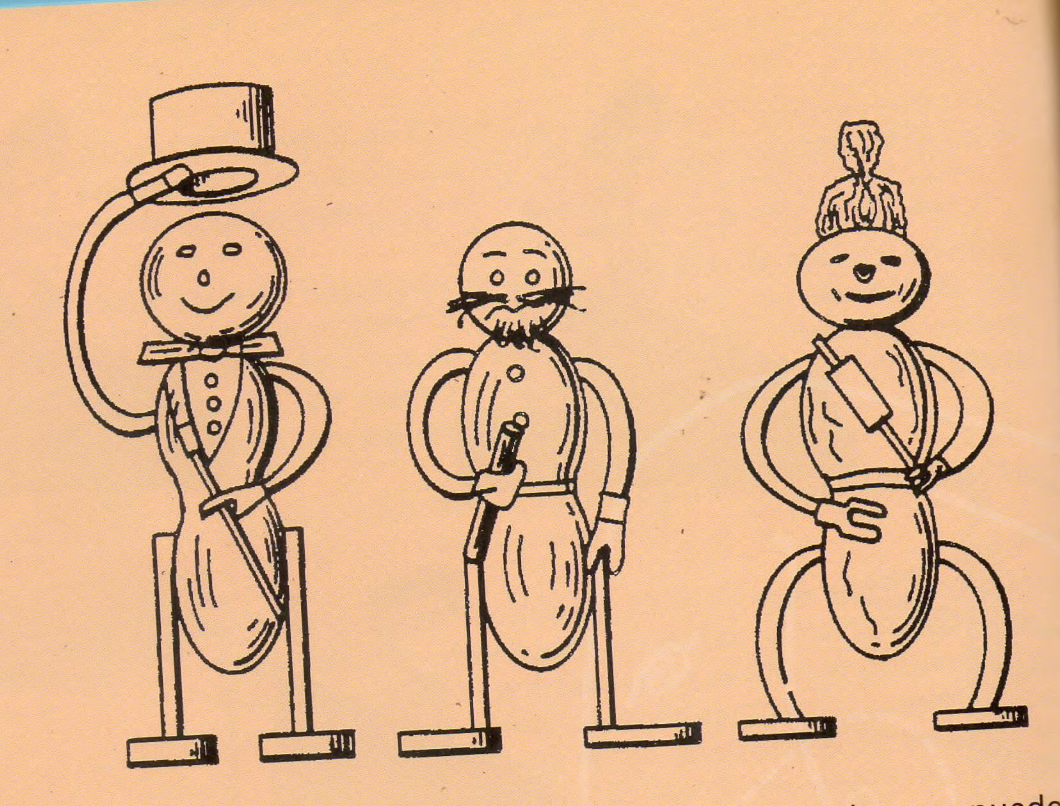
Primero traza las piezas con lápiz en el material que vayas a utilizar. El cuerpo puede ser de madera delgada, como triplay de 6 mm; los brazos y las piernas, de madera aún más delgada, como triplay de 3 mm. Puedes hacerlo también en cartón corrugado, doble para el cuerpo y sencillo para las extremidades. De un palo redondo de un centímetro de diámetro proviene el pulidor que maneja el muñeco. Las piernas miden en este caso 6 cm de largo y los brazos 4.5 cm. Las articulaciones se unen con palillos redondos. Por último, lleva un cordón en la parte trasera. Decóralo a tu gusto, con pinturas acrílicas de preferencia.

Recursos

El juego es tan importante en nuestras vidas que las personas, aun antes de nacer, ya juegan en el vientre materno. Es creíble, pues, que desde que el ser humano apareció sobre la faz de la Tierra haya empezado a jugar con los recursos que tenía a la mano: frutos, cáscaras, nueces y semillas, ramitas de árbol, paja, zacate, hierbas, piedras, lodo, arcilla... Con eso y un tantito de imaginación inventó los primeros juguetes.

Un muñeco se desliza con prisa por un plano inclinado en espiral. Diagrama correspondiente a la patente de 1911.

Moldes para reproducir el pulidor de piedras. El brazo y la pierna se cortan dobles.



La cabeza y el cuerpo de estos muñecos están hechos con cacahuates; los brazos y las piernas, de alambre eléctrico (con forro plástico); las manos, de conectores eléctricos y los pies, de plástico. Patente de 1991.

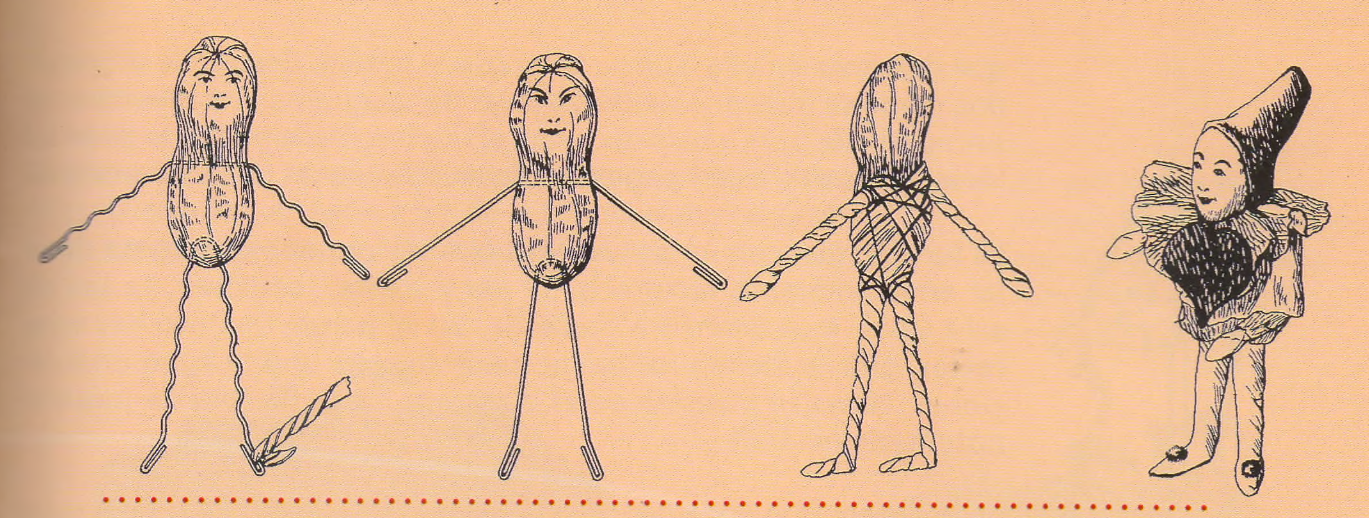
Esto significa que al pensar en una selección de materiales que puedes usar para elaborar autómatas de juguete, es factible que se te ocurran los que se acaban de mencionar. Por supuesto, no son los únicos: es posible agregar muchos materiales que hay en casa o que se pueden conseguir fácilmente, como cartulinas, cartón corrugado, cartón de cajas de cereal o de galletas, alambre eléctrico, palos de paleta, abatelenguas, clips, pasadores, latas, unicel, triplay, palillos, cuentas de collar, popotes, hojas de maíz, barro, pastas moldeables y muchas otras cosas.

Observa en qué puntos se puede introducir el alambre para formar las extremidades de un muñeco de cacahuate.

Sin embargo, el principal recurso que debes usar es la imaginación. Cuando se quiere hacer algo y no se encuentra todo lo que se necesita, la imaginación puede llegar en nuestra ayuda para adaptar lo que tenemos a lo que necesitamos.

En *Poli saluda a sus amigos*, uno de los últimos trabajos de taller que se presentan en este libro, utilicé unas cuentas grandes de rosario y palillos recubiertos de papel higiénico y pegamento. Al principio no sabía qué usar para construir a Poli. Pensé en bolas de unicel y en alambre delgado, y más tarde en cacahuates y pasadores para el cabello; luego estuve examinando las nueces y las avellanas, pero encontré de casualidad las cuentas del rosario y de inmediato me decidí por ellas.

Sin embargo, todas las otras ideas eran buenas, incluso la de los cacahuates, como puedes verlo aquí mismo. Los cacahuates pueden perforarse fácilmente y su forma se presta para hacer cosas muy simpáticas.



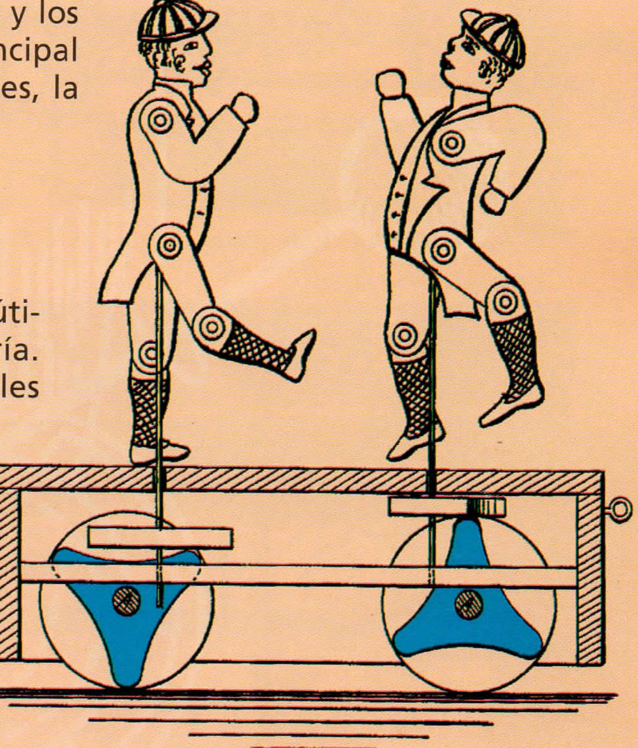
Las dos primeras figuras muestran que lo mismo sirve un pasador para armar el esqueleto del muñeco. En la primera se empiezan a cubrir las extremidades con una tira delgada de papel (con pegamento). En la tercera el muñeco está recubierto del todo con una tira de papel. En la última se le ha puesto un traje que puede ser de papel crepé. Patente de 1907.

En los diagramas tenemos unos muñecos en los cuales la cabeza y el cuerpo están hechos con cacahuates, y los brazos y piernas de diferentes materiales. El principal recurso utilizado con los cacahuates ha sido, pues, la imaginación.

Levas

El mecanismo de levas es uno de los arreglos más útiles, más sencillos y más utilizados en la juguetería. Consta, por lo general, de dos elementos movibles montados en un marco fijo. Se compone de un eje con una o más levas, que recibe el movimiento inicial, y una barra rígida llamada *palpador* en nuestro idioma (también le llaman *seguidor*, por su nombre en inglés).

Hay varias clases de levas. La más común es una rueda excéntrica, una rueda con el centro fuera del centro, es decir, con un centro diferente. O bien, cuando la leva tiene el centro en el centro, es una rueda de forma distinta al círculo. En el diagrama de los muñecos con gorrita, puedes ver una leva de tres pétalos, un triángulo. Sobre cada triángulo descansa una rueda de la que sale el palo que sostiene a los personajes. Observa que las dos levas tienen la misma forma y que están colocadas en distinta posición, por lo que actúan igual, pero en distinto tiempo.



Inventor: William W. Barnes

Diagrama de la patente de un juguete de 1879, en el que se aplica el mecanismo de levas.

¿Qué es lo que hacen? Cuando la leva se pone a girar, cada uno de los pétalos de esta especie de triángulo alza el disco

que descansa en ella. Luego que pasa el pétalo, desciende el palpador, como se mira en una de las levas del diagrama. Ese movimiento sincopado de sube y baja hace que el muñeco baile mientras giran las levas, las cuales están pegadas a las ruedas de un carro de madera.

La función más común de una leva es transformar movimiento circular en movimiento recíproco, de ida y vuelta, rectilíneo, ya sea de sube y baja o de derecha a izquierda. Sin embargo, también hay levas rectas, que no tienen forma de rueda sino de una tira con ondulaciones, como se muestra en el diagrama de la flautita de juguete patentada en 1961.

La leva hace que el palpador, en este caso terminado en punta, suba y baje con mucha frecuencia, haciendo que el muñeco mueva el pico como si silbara. La leva es a la vez el émbolo de la flauta.

Las levas pueden tener cualquier forma o perfil. Las hay simétricas y de formas elegantes, y las hay irregulares, de formas caprichosas.

INVENTOR.
John H. Bacon

Pájaro que silba, *flauta en forma de pájaro hecha con levas rectas, patentada en 1961.*

También existen varios tipos de palpador. En el ejemplo anterior, el palpador tiene el extremo plano, consistente en un disco. En la flauta, el palpador termina en punta. Otras veces, el extremo del palpador tiene una ruedita para poder deslizarse sobre el perfil de la leva. En todos los casos tiene que ser lo suficientemente pesado como para regresar a su posición original.

Sydney

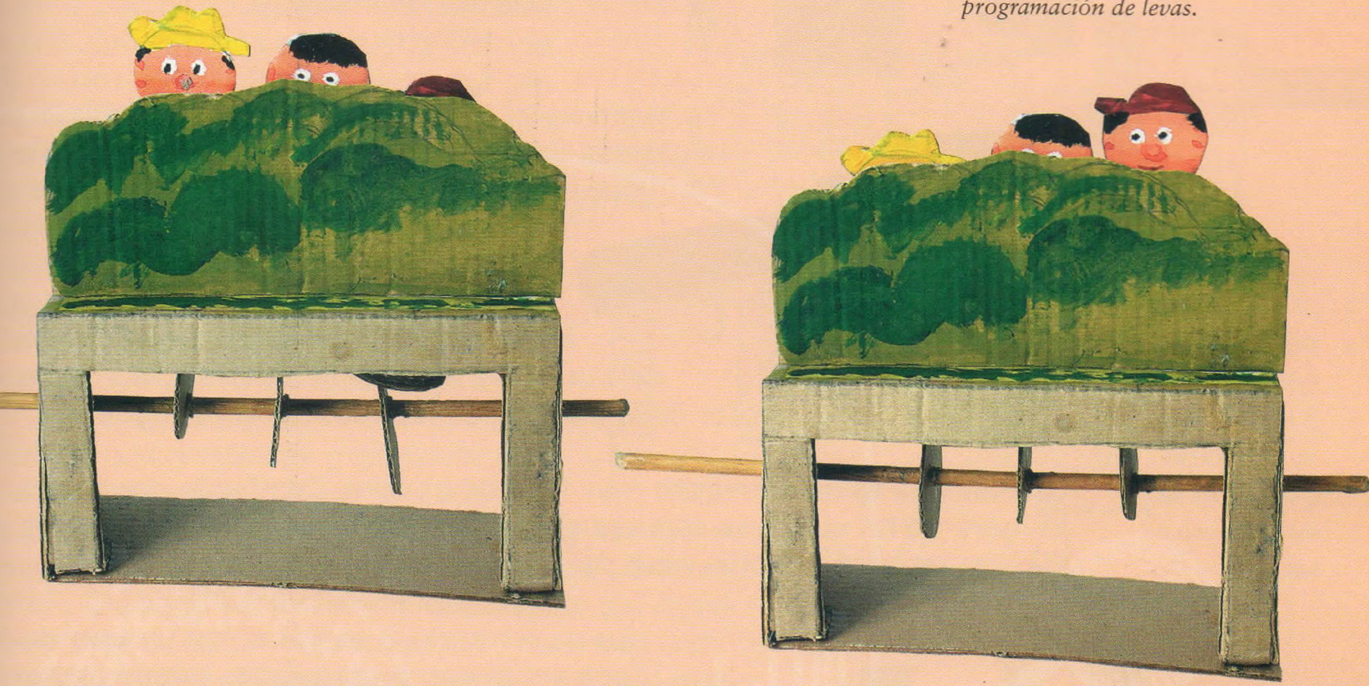
Las levas pueden adquirir diferentes formas: la imagen muestra una leva con forma del mapa de Australia.

Muestras de levas con forma de rueda dentada.

Escondidas

Al dar vuelta a la manija, los niños se van a ocultar uno tras otro. Luego van a reaparecer de la misma manera: primero uno, luego el segundo y al final el tercero.

¿De quién se esconderán estos traviesos? Representación de un juego popular: Las escondidas. *Su mecanismo se basa en la programación de levas.*

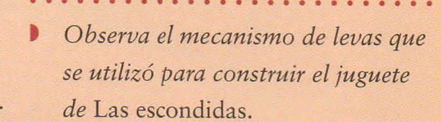


Este proyecto consiste en un marco o caja de madera o cartón corrugado, un eje que cruza la caja de lado a lado, tres juegos de levas, tres muñecos de papel recortados y pegados al palpador y un sitio donde se puedan esconder.

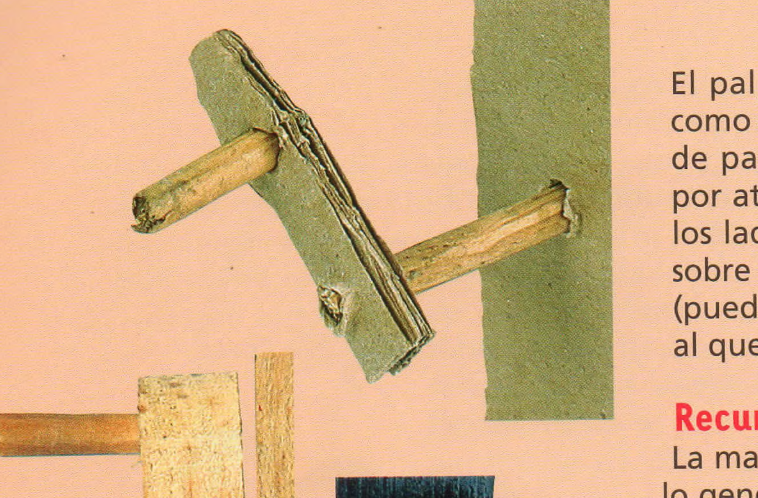
El detalle que debes cuidar es el programa de las levas. Deben ser levas idénticas, con su centro de rotación desplazado medio radio, también de forma idéntica. La igualdad de forma permitirá programar acciones iguales en distinto tiempo.

Bastará pegar las levas al eje de rotación, llamado también *árbol de levas*, de modo que queden giradas unos 20 grados entre sí.

En la vista por atrás del mecanismo, podemos ver que los muñecos de papel están pegados al palpador, que es la palanca que sube y baja con el movimiento de la rueda excéntrica.



Observa el mecanismo de levas que se utilizó para construir el juguete de Las escondidas.



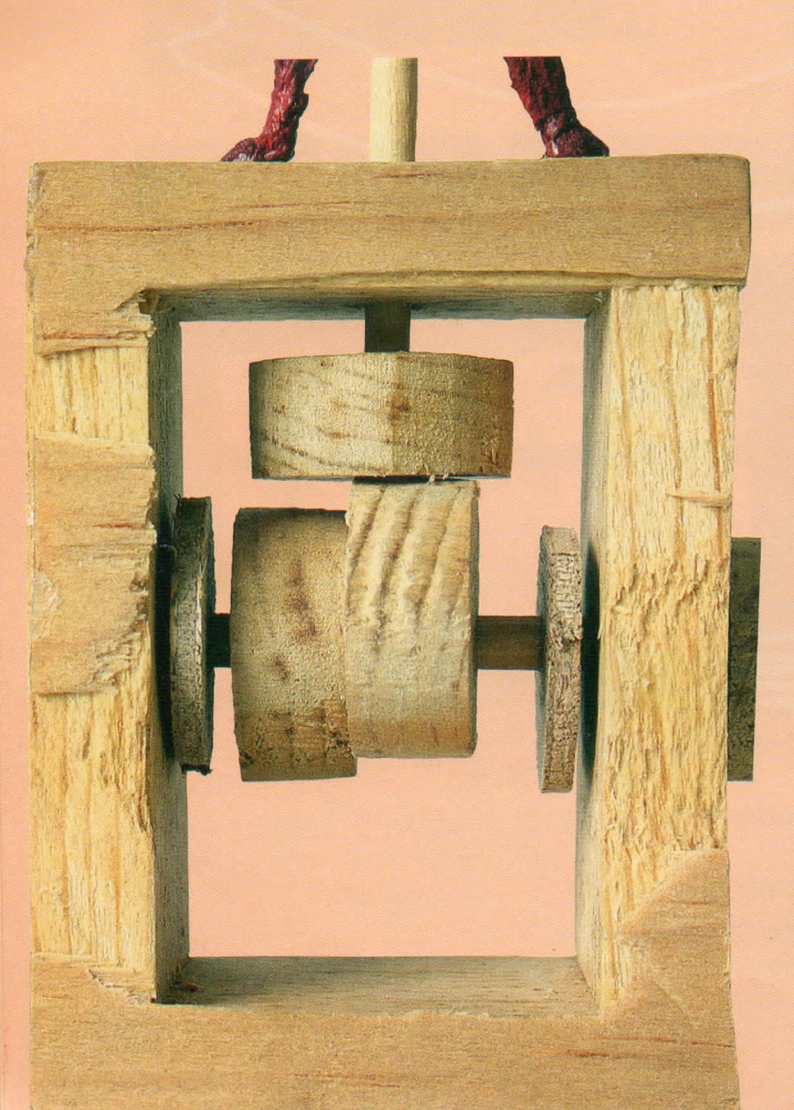
El palpador debe ser lo suficientemente pesado como para poder bajar por su propio peso. La guía de papel (la tira blanca que tienen los muñecos por atrás) permite que los monitos no se caigan a los lados y que el palpador permanezca centrado sobre la rueda. El palpador se compone de una base (puede ser redonda), sobre la que sale un vástago al que se conectan los muñecos.

Recursos

La manivela es el elemento motor que utilizan por lo general los autómatas de juguete. En su lugar se puede adaptar una polea o un engranaje conectado a un motor de pilas para mover estos juguetes por medios eléctricos; pero es mejor evitar el uso de pilas, que a la postre son contaminantes muy severos del suelo. De ahí que la manivela sea el medio motor de la mayoría de los autómatas de juguete.

Diferentes tipos de manivelas generan el impulso que da movimiento a la mayoría de los autómatas de juguete.

La manivela es un elemento muy fácil de instalar. Consta de dos piezas, la primera de las cuales se conecta al árbol motor, o sea el palo que sirve de eje, y la segunda de ellas sirve de agarradera.



La primera pieza se fija al eje en uno de los extremos con pegamento, mientras por el otro lado se conecta la manija. Observa con atención los marcos de madera y constata que el eje motor tiene dos arandelas, en este caso de madera, una en un extremo y la otra antes de la manivela. Ambas arandelas, ya sea redondas o cuadradas, van pegadas al eje y libran ligeramente las paredes de la base. Esto permite que los mecanismos que van adentro del marco queden en el sitio programado.

El eje pasa por hoyos justos que le permiten girar con libertad. A veces el eje queda flojo y esto puede causar un movimiento defectuoso. En estos casos, se pegan otras arandelas a la base para que el eje quede mejor ajustado.

Ruedas de fricción

La rueda de fricción juega un papel especial en muchos autómatas de juguete, pues permite la programación de algunos movimientos ingeniosos con un mecanismo muy sencillo.

Las ruedas de fricción se caracterizan por el roce que existe entre ellas. Observa que cada rueda está a la orilla de la rueda del palpador.

Las ruedas de fricción son, tal como lo dice su nombre, ruedas que se rozan, como puedes observar en la fotografía.

Existen dos tipos de ruedas de fricción. Uno de ellos se ilustra muy bien con el sistema usado en Poli, que podrás trabajar en la página 85. El otro tipo de rueda de fricción combina una rueda circular con centro normal, bajo un palpador con una rueda igualmente concéntrica. Se rozan de modo continuo, pero en este caso el giro del palpador ocurre en un solo sentido.

Un ejemplo de esta clase de rueda se muestra en dos diagramas de juguetes, uno de 1917 y otro de 1870.

El primero corresponde a un coche que lleva una canastilla circular con dos muñecas sentadas en su interior. A ambas orillas están dibujadas las ruedas del coche con su eje para las ruedas. Los tornillos sostienen los costados del carro y dentro de éstos, del lado izquierdo, una rueda hace contacto, roza la orilla de la canastilla, de modo que al caminar el carro, la rueda de fricción hace girar la canastilla.

El segundo juguete se mira muy complicado, pero no lo es tanto. Revísalo con atención antes de continuar la lectura. Es una especie de carretilla de dos ruedas que, además de rodar por el piso, accionan las ruedas que están rozando arriba de ellas. Sobre dichas ruedas hay unas muñecas muy mareadas ya. Y sobre estas muñecas giran unas ruedas que tienen como techo, las cuales, convertidas a su vez en ruedas de fricción, dan movimiento a las ruedas de arriba; éstas mueven los muñecos y el columpio.

Diagrama de un juguete de 1917: las ruedas de fricción hacen girar la canastilla circular con dos muñecas que platican animadas, sentadas en su interior.

Inventor
John Hugler,

Taller

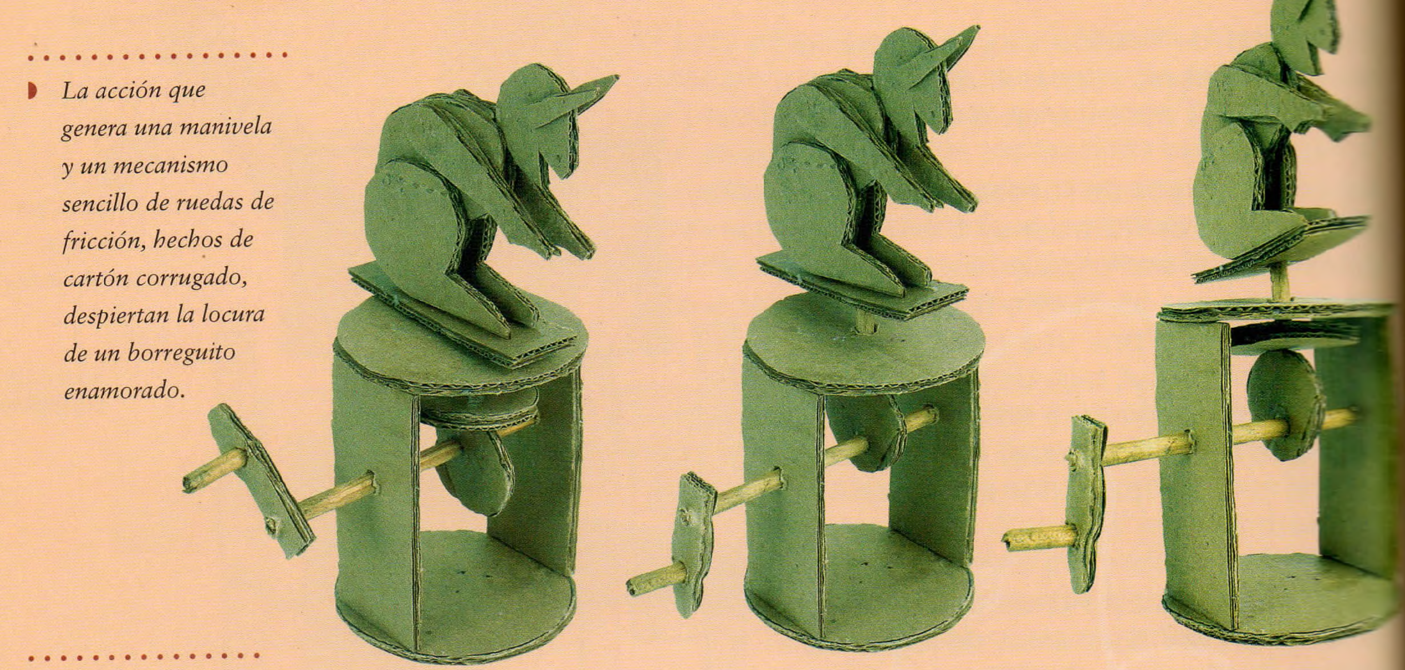
Borrego loco

El mecanismo necesario para hacer que el borrego dé saltos locos es un sencillo sistema de ruedas de fricción y una manivela en un proyecto con cartón corrugado.

Diagrama de un juguete de 1870: carretilla de dos ruedas que muestra el mecanismo de una serie de ruedas de fricción. Observa cómo las ruedas que hacen contacto con el piso impulsan a las que se encuentran encima y éstas a su vez a las otras.

Inventor:
R. Went

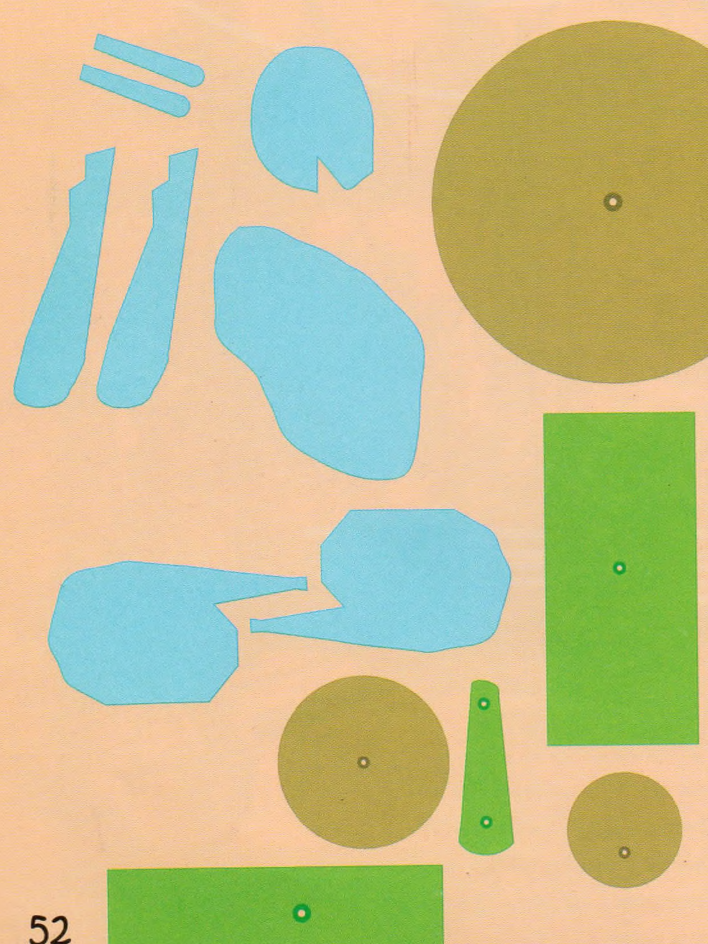
La acción que genera una manivela y un mecanismo sencillo de ruedas de fricción, hechos de cartón corrugado, despiertan la locura de un borreguito enamorado.



Moldes que sirven para armar un borreguito loco y saltarín. Fotocópialos al tamaño que desees.

El cartón corrugado es un material excelente para trabajos cuidadosos. Se recorta con cierta facilidad y haciendo emparedados con él, se obtiene una resistencia comparable a la de la madera. Las orillas se pueden tapar con tiras de papel engomado para sellar los hoyitos propios del cartón y al final se puede pintar con colores acrílicos para un bonito acabado.

Estudia el modelo y localiza en el esquema las partes que lo componen. El cuerpo es un emparedado de dos cartones, lo mismo que el círculo de la parte superior de la caja y las dos paredes laterales. Fotocopia los moldes al tamaño que gustes, recorta cada pieza, además de cuatro ruedas grandes para armar la base y la parte superior de la caja (van dos arriba y dos abajo, haciendo un emparedado); las ruedas de arriba llevan una perforación en el centro.



La rueda más chica es la rueda de fricción que va en el eje; la rueda mediana es la base del palpador; la tira más ancha es para las paredes de los lados, y la tira delgada es la base donde se sienta el borrego. Esta base tiene un hoyo para ajustar en él un tramo de palo de algodón de azúcar, que se conecta de igual modo a la rueda mediana. La tira pequeña es parte de la manivela; los circulitos indican en dónde hay que perforar para introducir el eje de la rueda y el vástago del palpador.

Recursos

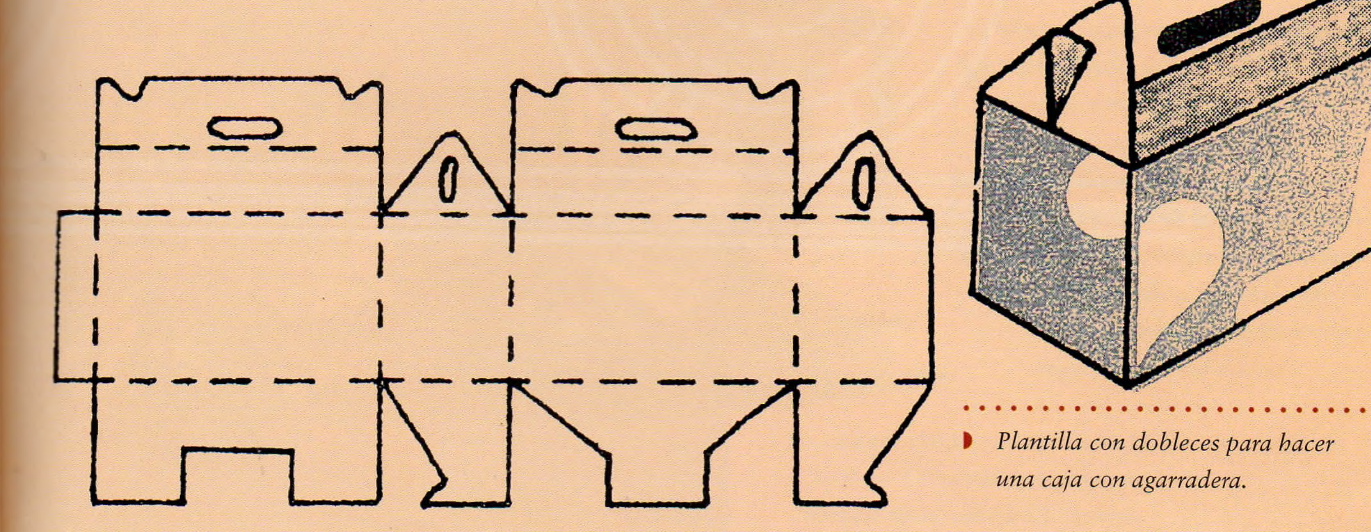
El cartón corrugado es un material muy apropiado para la construcción de juguetes. Se utiliza comúnmente para empacar mercancías de toda clase, por lo que se encuentra muy a la mano en cualquier casa y puede obtenerse gratis en muchas tiendas de autoservicio. Es un material limpio que no ofrece peligro potencial en su manejo, es resistente y puede sustituir a la madera en muchos proyectos de este libro. El borrego loco es un ejemplo del uso de este material.

Al empezar a manejarlo, te vas a dar cuenta de que no puede recuperar la forma si se dobla o quiebra. Es la única debilidad o defecto que se le encuentra; pero con el debido cuidado en su manejo, esto deja de ser un problema. Se corta con tijeras.

Si tienes unas plantillas como las del borrego, aunque sean de otro juguete, saca una fotocopia al tamaño que prefieras (la fotocopiadora puede ampliar o disminuir tu original, aunque en la papelería te cobran un costo extra). Pega el molde en el cartón y recorta con tijeras.

El cartón corrugado se puede doblar para armar objetos tridimensionales, como una caja o una armazón cualquiera. Para hacer los dobleces, prepara una plantilla. Con una regla como guía, pasa la punta de unas tijeras sobre las líneas del doblez sin cortar, sólo marcando suavemente. Luego coloca una regla sobre la línea marcada y haz el doblez. Así puedes armar cajas pequeñas o grandes, o hacer cajoneras, revisteros, muebles y juguetes. Por ejemplo, puedes adquirir experiencia armando la caja que se ilustra. Tienes que utilizar la plantilla que aparece abajo. Las líneas punteadas indican los dobleces.

Algunos trabajos requieren un mayor grosor. Simplemente se pegan dos, tres o cuatro piezas de cartón entre sí y se obtiene un excelente material de construcción. Puedes cortar las piezas antes de pegarlas; de otro modo, puedes usar un arco de calar madera. Hay seguetas muy finas, de los números 0 y 1, aptas para estos cortes. Pero recuerda que, para emplear este tipo de herramientas, debes contar con la ayuda de un adulto que sepa manejarlas, a fin de que te guíe en su uso.



Plantilla con dobleces para hacer una caja con agarradera.

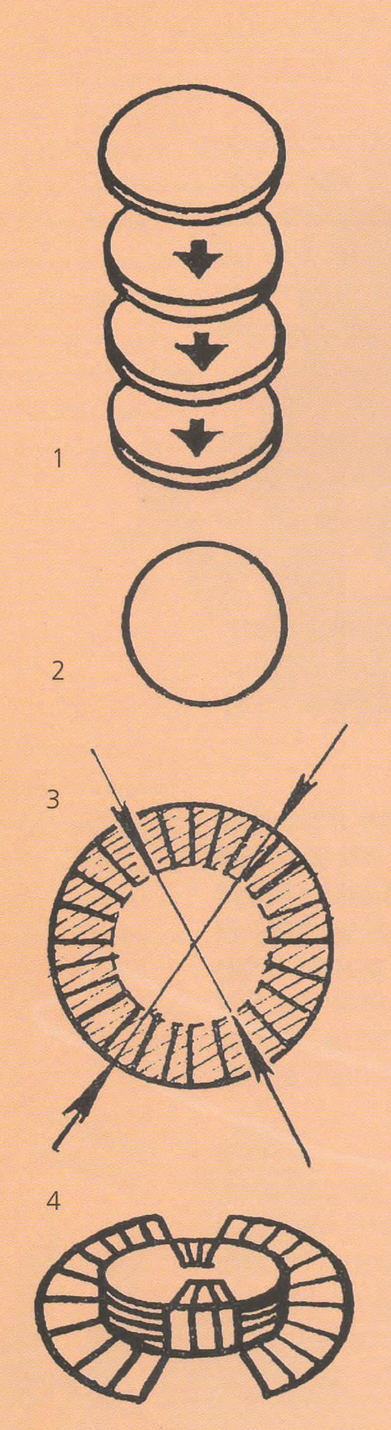
Los hoyitos del cartón corrugado se pueden proteger con la pintura que apliques, pero también es posible cubrirlos con papel. En la ilustración, se muestra cómo forrar con papel y pegamento unos círculos como los del borrego. De modo parecido se forran piezas con otras formas.

Engranajes

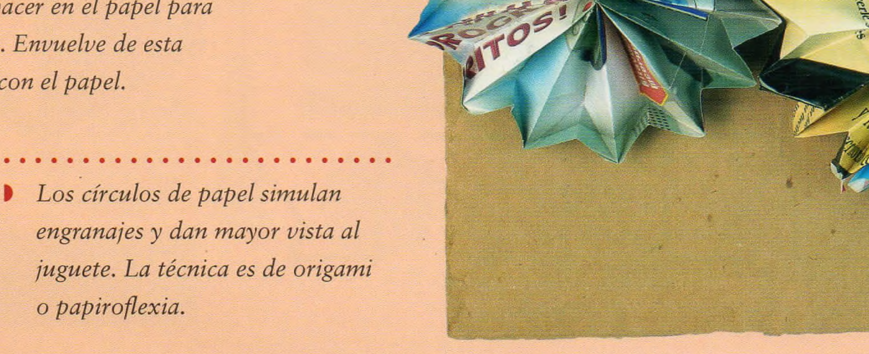
Los engranajes son ruedas dentadas y constituyen uno de los mecanismos más versátiles. Transmiten fuerza y movimiento circular a partes cercanas y pueden controlar la velocidad de la acción, lo mismo que cambiar la dirección del movimiento.

En la fotografía hay tres ruedas dentadas de papel. Siempre los dientes de cada rueda embonarán con los dientes de las otras ruedas. Al girar una de ellas, uno de sus engranes empujará un diente de la otra rueda, haciéndola girar en sentido contrario. Siempre es así: una gira hacia un lado y la otra en sentido opuesto. Si tienen el mismo número de dientes, la velocidad es la misma; si el número de engranes es diferente, entonces la rueda con menos dientes girará más rápido. Si dos ruedas acopladas tienen una ocho y la otra 12 dientes, la más chica se moverá una vez y media más rápido que la otra, y al contrario, la rueda mayor se movería a 2/3 de la velocidad de la otra rueda.

Los constructores y artistas de autómatas tienen que hacer a mano todas las ruedas dentadas, correas, dientes, levas, poleas, palancas y en general todas las partes mecánicas, ya



Pasos para forrar con papel círculos de cartón. 1. Pega varios círculos para que el grosor sea el adecuado y resistente. 2. Deja un solo círculo. Si quedan bordes, córtalos para que la pieza quede uniforme. 3. Las flechas indican los cortes que debes hacer en el papel para forrar el círculo. 4. Envuelve de esta manera el círculo con el papel.



Los círculos de papel simulan engranajes y dan mayor vista al juguete. La técnica es de origami o papiroflexia.

que estas piezas no se encuentran en el mercado. Esta situación a veces hace difícil que el aficionado trabaje con engranajes, los cuales requieren un diseño cuidadoso para que las ruedas dentadas de distinto diámetro encajen bien unas con otras. Por ello recurrimos a engranajes de palillos, los cuales se basan en estudios de Leonardo da Vinci.

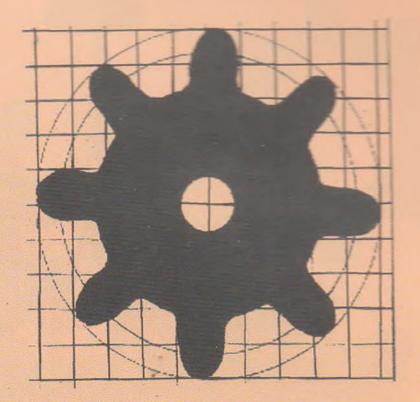
Estos engranajes se pueden apreciar en *El domador de leones*, de Paul Spooner. La pieza tiene, además de un juego de engranajes, un par de levas: una para mover la bocaza del león y la otra para permitir que el domador se agache y luego se levante.

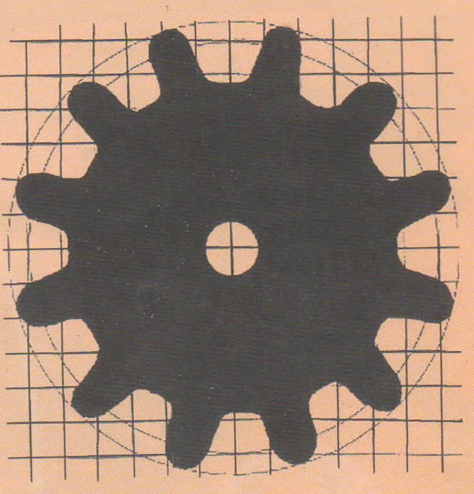
Taller

Carrusel

Una sencilla aplicación de un mecanismo de engranajes se ilustra con un carrusel de caballitos. Los engranajes fueron confeccionados con madera delgada, pero pueden hacerse de cartulina ilustración o cartón corrugado.

El eje principal es un palo para algodón de azúcar y la manivela, que no se muestra, es un recorte de madera.





El número de engranes hace que la velocidad de las ruedas varíe. Fotocopia estas figuras y tenlas a la mano para utilizarlas en tu creación de autómatas.



El domador de leones, *de Paul Spooner. 1. Manivela. 2. Leva que hace que el domador se agache y se levante. 3. Dos engranajes con el mismo número de dientes. 4. Leva que permite al león abrir el hocico.*

Arriba va un disco de madera o cartón, en el que se han insertado unos palos que sostienen a los caballitos. El disco, a su vez, está inserto al eje vertical del mecanismo de engranajes.

A pesar de lo elemental de este proyecto, su elaboración te permitirá manejar las claves para trabajos más elaborados, pues este mecanismo es la base de muchos juguetes del tipo carrusel. El diagrama es un ejemplo de la clase de juguetes que se pueden mover con un sistema de engranajes. Por lo pronto, puedes construir este tíovivo armando una caja de madera o de cartón.

En lugar de las figuras de la fotografía, puedes poner otros animales a tu gusto, o un tren que pase bajo un túnel, carritos o personas.

La caja debe llevar tres perforaciones, centradas en los lados respectivos: dos para atravesar el eje horizontal (árbol motor, en este caso) y uno para el vástago del engranaje (el árbol resistente). En ambos casos utiliza un tramo de palo de algodón de azúcar. Para el eje motor, deja un pequeño tramo afuera para conectar la manija que da las vueltas.

En la fotografía, el engranaje horizontal tiene más dientes que el vertical, pero es más bonito el movimiento si los inviertes. Observa que el engranaje motor tiene pegado un disco. Esto es con el fin de mantener derechito el engranaje. Por fuera de la caja, también debemos poner topes para que el mecanismo no baile de un lugar a otro.

Carrusel de caballitos realizado con un mecanismo de engranajes. Sólo falta la música de feria.

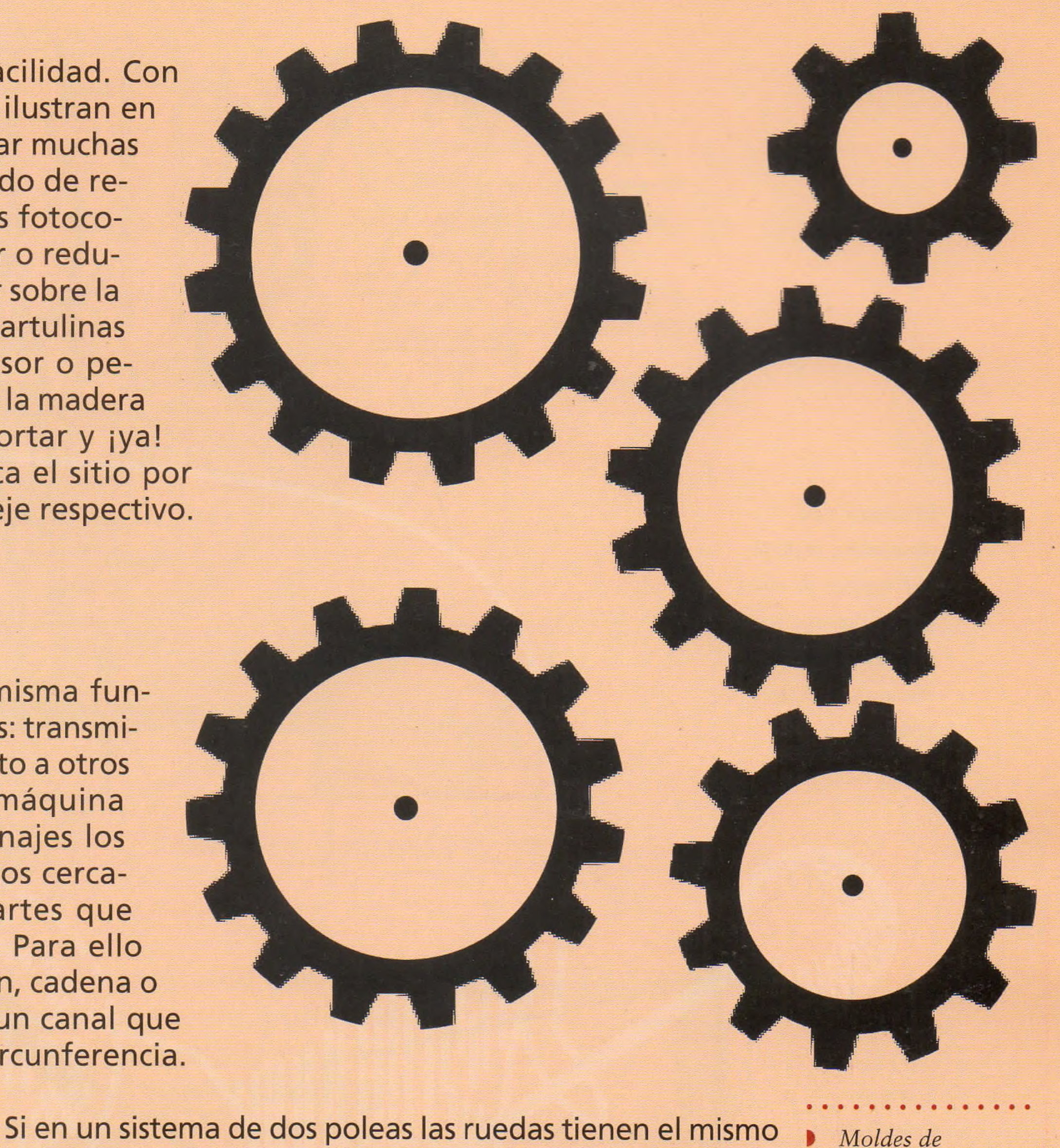
Recursos

Los engranajes se pueden construir de muchas maneras, desde las más simples hasta las más sofisticadas.

A la derecha, se muestra la confección de un engranaje con palos de paleta y centro de madera; este centro no se usa cuando se hace un engranaje de palillos. Por esta vía elemental, con habilidad e ingenio, se construyen muy diversos engranajes.

Sin embargo, si cuentas con un molde de los engranajes tradicionales, no hace falta quebrarse la cabeza; puedes fotocopiarlos y luego reproducirlos en madera o en

cartón con relativa facilidad. Con los engranajes que se ilustran en este libro puedes armar muchas combinaciones. El modo de reproducir cada pieza es fotocopiar el molde (ampliar o reducir si hace falta), pegar sobre la fotocopia dos o tres cartulinas juntas para darle grosor o pegarlo directamente en la madera o en la cartulina, recortar y ¡ya! El punto central indica el sitio por donde debe pasar el eje respectivo.



Moldes de engranajes de diversos tamaños para fotocopiar, pegar en cartulina y recortar.

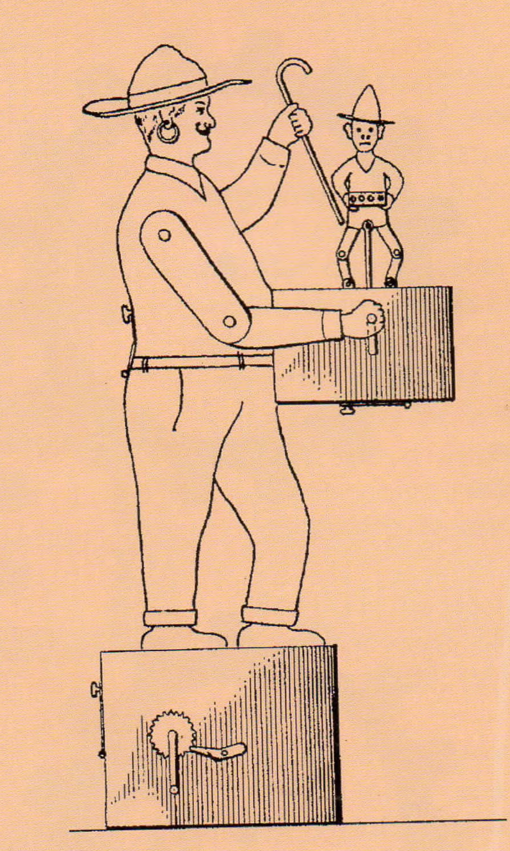
Poleas

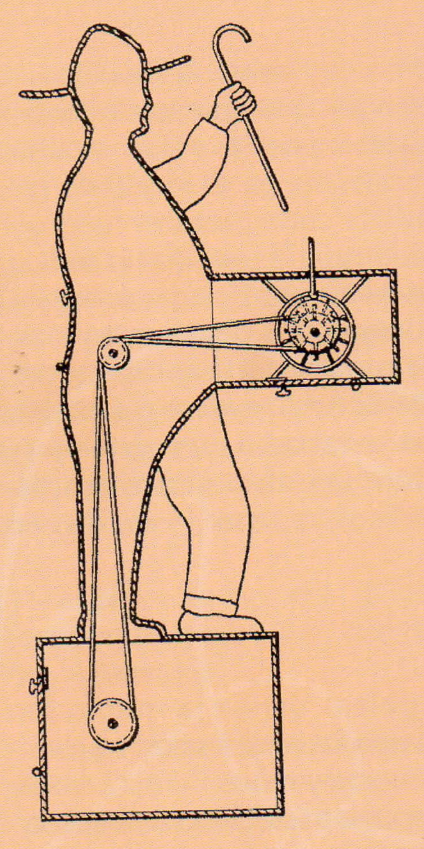
Las poleas tienen la misma función que los engranajes: transmiten fuerza y movimiento a otros componentes de la máquina o aparato. Los engranajes los transmiten a elementos cercanos y las poleas a partes que pueden estar lejanas. Para ello se valen de un cinturón, cadena o cuerda que pasa por un canal que tiene la polea en su circunferencia.

Si en un sistema de dos poleas las ruedas tienen el mismo diámetro, la velocidad resultante será la misma. Si es diferente el diámetro, la polea menor girará a mayor velocidad.

Los diagramas del gitano de la página 58 corresponden a un juguete "automático" de 1925, al cual, con justa razón, podemos llamar autómata de juguete tanto por su sencillez como por la gracia del conjunto. Aquí vemos un sistema de tres poleas para comunicar el movimiento por todo el cuerpo del muñeco y la caja del organillo. En el interior de esa caja se observa una rueda con aspas. Esta rueda está pegada a la polea resistente, como se llama la rueda que recibe al final la fuerza motora.

Engranaje sencillo hecho con palos de paleta. Los palos se pegan a intervalos regulares.





F. D'Onofrio
INVENTOR

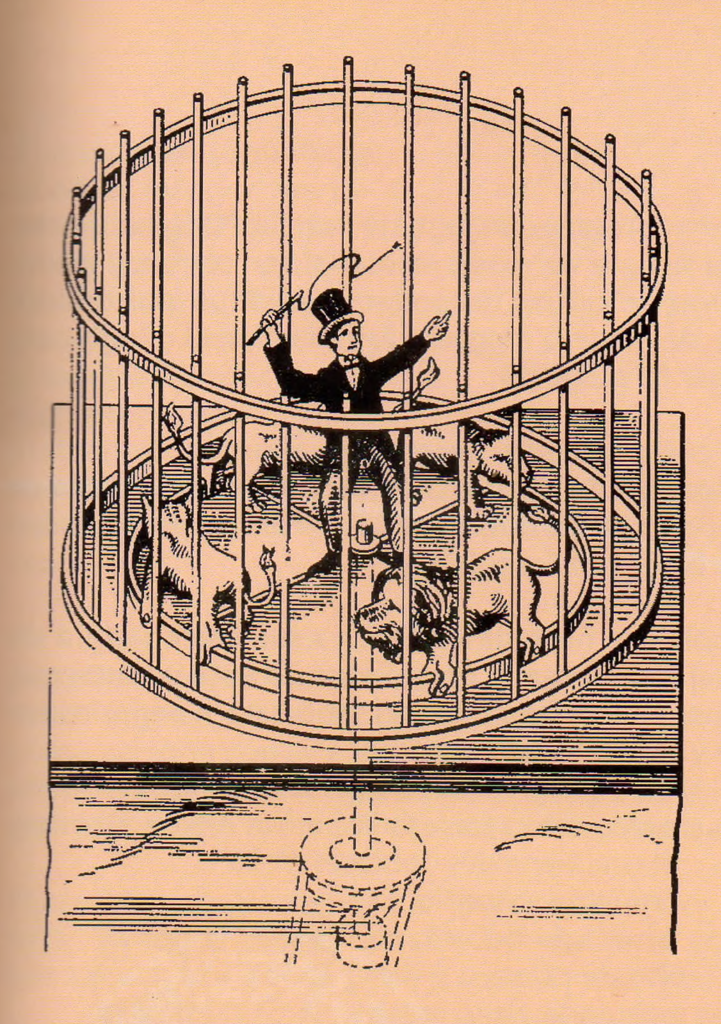
El gitano y su changuito, *juguete automático de 1925 que concentra su fuerza motora en un mecanismo de tres poleas.*



El león y un aeroplano que pretende dar caza al felino, juguete automático de la década de los cuarenta.

Por lo general, muchos arreglos mecánicos van de esa manera, pegados a la polea o al engranaje resistente, según sea el caso. Imagina que en lugar de esas aspas que se miran en el organillo, va una leva pegada a la polea. Esto hará lo mismo que el mecanismo original: el monito dará saltos y pasos de baile.

Un sistema de poleas más sencillo se muestra en el diagrama del domador dentro de la jaula del león. El diagrama, de un juguete de 1926, se presenta sin la caja que contiene el mecanismo, a fin de que sea más claro. Imagina, pues, que abajo de la jaula de los leones hay una caja atravesada por el eje de la polea que está en el aire. Los leones, como en un carrusel, dan vueltas en torno al domador.

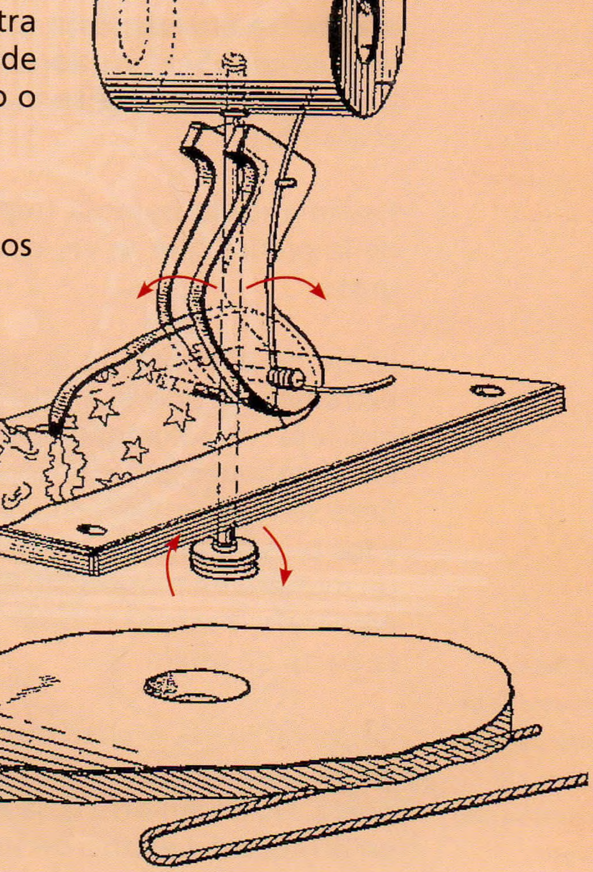


El domador dentro de la jaula de los leones, juguete automático de 1926, que muestra un sistema de poleas más sencillo. ¿Crees que el domador tema a las fieras?

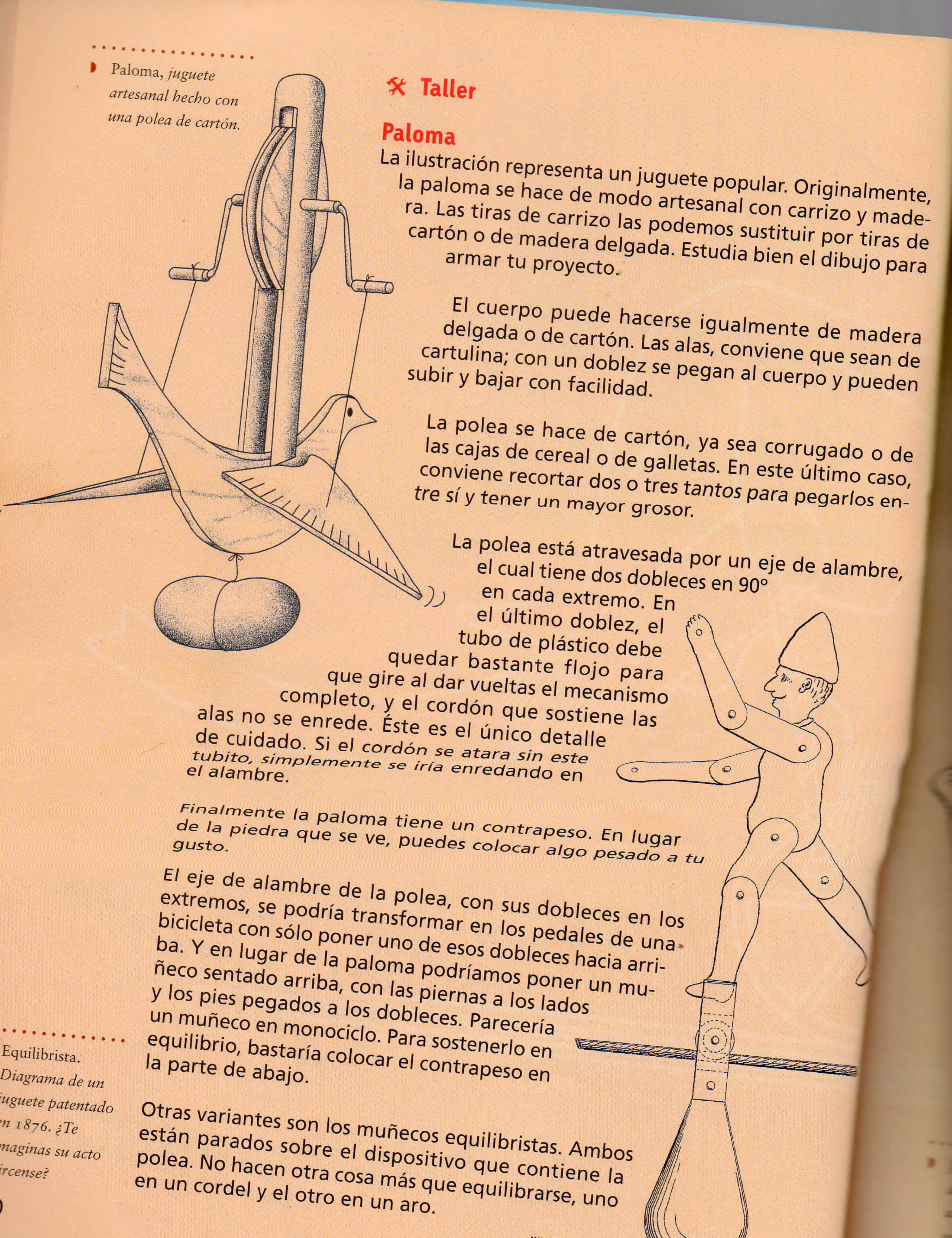
El inventor del juguete no se conformó con el diseño de la jaula de leones, sino que armó un circo verdadero con muchas pistas; pero sólo se muestra un dibujo más de todo ese circo, otro león, a fin de que observes cómo se aplica el mismo principio o mecanismo a otras ideas.

En este segundo ejemplo, hay un león y un aeroplano, pero podríamos poner un carrusel, unos volantines o algunos gimnastas.

En otro circo similar, pero de 1920, encontramos a un malabarista que juega un barril con los pies, hazaña posible gracias a la pequeña polea que se observa abajo del muñeco y que va conectada a la polea grande (en primer plano). El arreglo permite al muñeco mover las piernas mientras parece que hace girar el barril.



Malabarista de un gran circo, juguete de 1920.



Paloma, *juguete artesanal hecho con una polea de cartón.*

Taller

Paloma

La ilustración representa un juguete popular. Originalmente, la paloma se hace de modo artesanal con carrizo y madera. Las tiras de carrizo las podemos sustituir por tiras de cartón o de madera delgada. Estudia bien el dibujo para armar tu proyecto.

El cuerpo puede hacerse igualmente de madera delgada o de cartón. Las alas, conviene que sean de cartulina; con un doblez se pegan al cuerpo y pueden subir y bajar con facilidad.

La polea se hace de cartón, ya sea corrugado o de las cajas de cereal o de galletas. En este último caso, conviene recortar dos o tres tantos para pegarlos entre sí y tener un mayor grosor.

La polea está atravesada por un eje de alambre, el cual tiene dos dobleces en 90° en cada extremo. En el último doblez, el tubo de plástico debe quedar bastante flojo para que gire al dar vueltas el mecanismo completo, y el cordón que sostiene las alas no se enrede. Éste es el único detalle de cuidado. Si el cordón se atara sin este tubito, simplemente se iría enredando en el alambre.

Finalmente la paloma tiene un contrapeso. En lugar de la piedra que se ve, puedes colocar algo pesado a tu gusto.

El eje de alambre de la polea, con sus dobleces en los extremos, se podría transformar en los pedales de una bicicleta con sólo poner uno de esos dobleces hacia arriba. Y en lugar de la paloma podríamos poner un muñeco sentado arriba, con las piernas a los lados y los pies pegados a los dobleces. Parecería un muñeco en monociclo. Para sostenerlo en equilibrio, bastaría colocar el contrapeso en la parte de abajo.

Otras variantes son los muñecos equilibristas. Ambos están parados sobre el dispositivo que contiene la polea. No hacen otra cosa más que equilibrarse, uno en un cordel y el otro en un aro.

Equilibrista. *Diagrama de un juguete patentado en 1876. ¿Te imaginas su acto circense?*

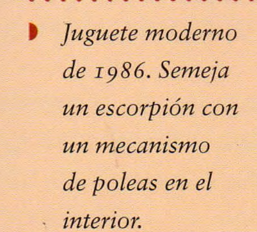
Recursos

El insecto de juguete de la parte inferior fue inventado en 1986, feo como muchos juguetes modernos. Si haces algo parecido, puedes aprender algo más sobre las poleas y el uso del cartón de cajas de cereal.

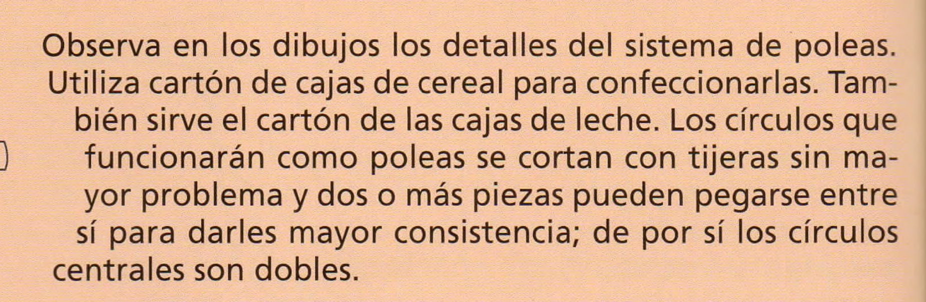
En lugar de un insecto, podríamos colocar una mariposa, un ratón, un dragón o una persona que esté escalando, pues lo que importa aquí no es la figura sino el arreglo de poleas que está adentro, en una especie de caja cuadrada.

Fíjate bien en el interior del insecto: tiene dos poleas pegadas una con otra. Tienen el mismo tamaño exterior, pero por dentro son diferentes. Los canales por donde pasa la cuerda hacen la diferencia. El de la derecha es más chico en diámetro y tiene una cuerda pegada que va para arriba, mientras el de la izquierda, de mayor diámetro, tiene pegada una cuerda que va para abajo. El juguete se cuelga y escala de modo muy singular. Se basa en un diseño bastante popular en la década de 1940.

Equilibrista. *Diagrama de un juguete patentado en 1858. ¿Crees que los cirqueros de antes fueran iguales a los de hoy?*



Juguete moderno de 1986. Semeja un escorpión con un mecanismo de poleas en el interior.



Observa en los dibujos los detalles del sistema de poleas. Utiliza cartón de cajas de cereal para confeccionarlas. También sirve el cartón de las cajas de leche. Los círculos que funcionarán como poleas se cortan con tijeras sin mayor problema y dos o más piezas pueden pegarse entre sí para darles mayor consistencia; de por sí los círculos centrales son dobles.

Ten presente que las dos poleas están pegadas una a otra, pero no son iguales. Una tiene círculos interiores más grandes y la otra, más chicos. Ambas tienen un cordón pegado, pero sólo en una de ellas el cordón se coloca ya enrollado.

Coloca las dos poleas dentro de una caja. Para jugar, el cordón de la rueda grande sale por arriba y se cuelga, y el otro sale por abajo y se jala. Ponle alas a la caja para que sea un juguete alado o inventa otra forma. Decora con pinturas acrílicas.

Bielas

Hemos visto que hay dos clases de mecanismos en cuanto a la función que realizan. Por un lado están aquellos que transmiten el movimiento a otras piezas, como las palancas y los engranajes. Y por el otro, los mecanismos que cambian un movimiento circular a uno recíproco, o sea rectilíneo, de ida y vuelta, como las levas.

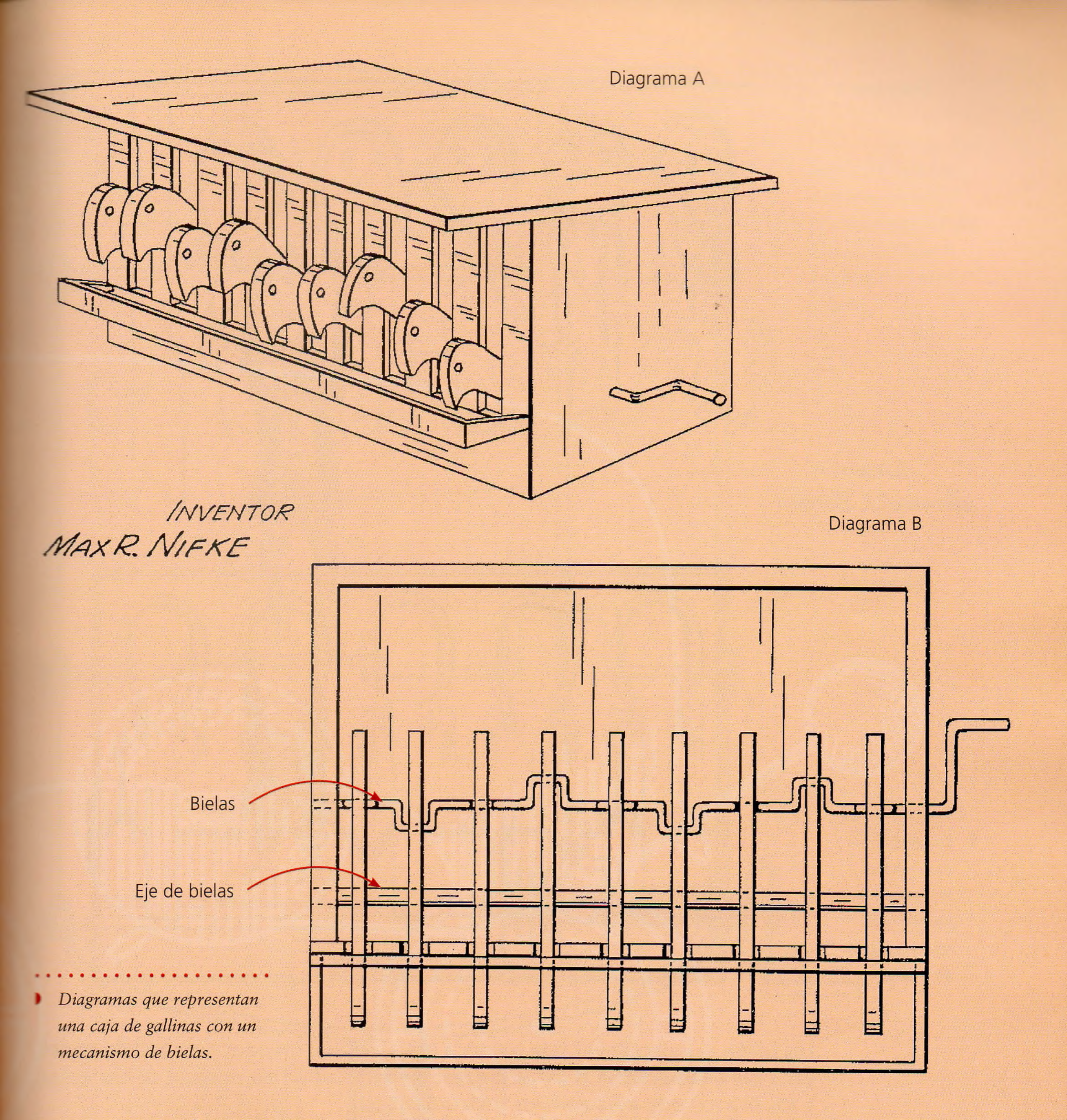
Sistema de poleas para hacer un juguete semejante al escorpión.

Las bielas cumplen la segunda de estas funciones: transformar un movimiento circular en uno rectilíneo, y viceversa: volver circular un movimiento rectilíneo; pero, además, al mismo tiempo pueden efectuar un movimiento de vaivén, oscilatorio, lo cual produce efectos muy atractivos en los autómatas de juguete.

La biela es una barra rígida endosada a un eje giratorio, o dicho de otra manera igual de enredada: es una barra rígida articulada en los extremos. Mejor observa la imagen y la idea te quedará clara.

Encontramos bielas en los cigüeñales de los carros, en los pedales de las bicicletas y, como pieza relevante, en el movimiento de las ruedas de las locomotoras.

Las bielas generan diferentes tipos de movimiento en los juguetes: rectilíneo, oscilante y combinado, entre otros.



Diagramas que representan una caja de gallinas con un mecanismo de bielas.

En un eje pueden acomodarse muchas bielas, como en la caja de gallinas. Busca las bielas señaladas en el diagrama B. Los palos verticales son las gallinas; el palo que está abajo del eje de bielas atraviesa el cuerpo de las gallinas para sujetarlas. Una gran ventaja sobre las levas es que la biela no requiere la fuerza de gravedad para volver a su punto de partida, sino que hace la vuelta completa.

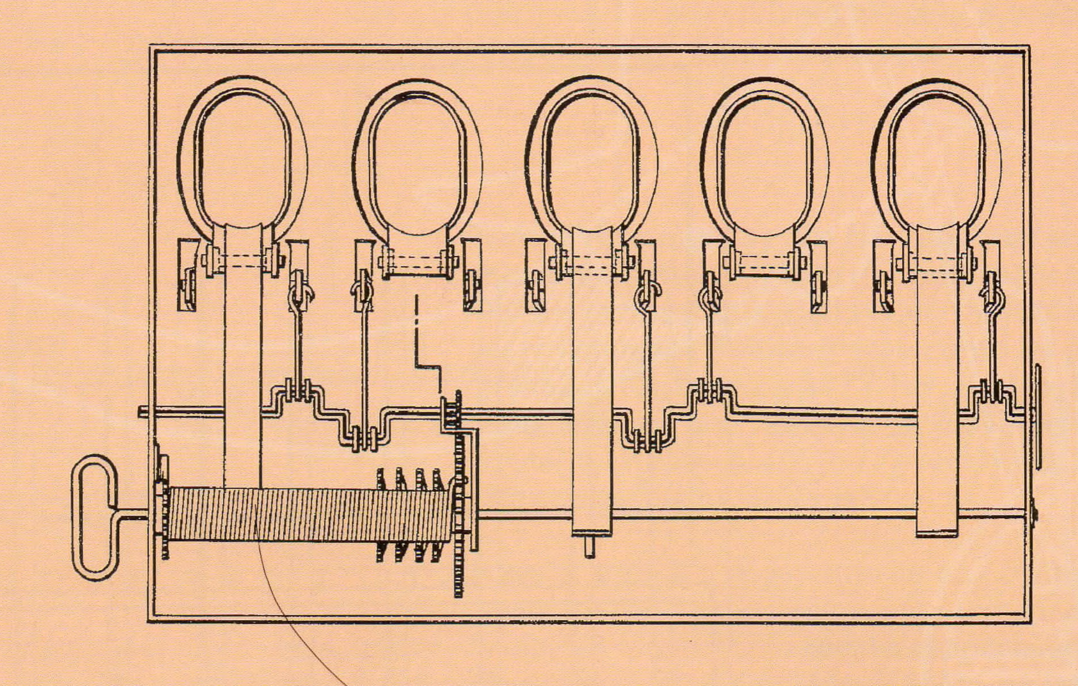
El ejemplo de las gallinas quedará más claro si observas el diagrama de los músicos (pág. 64). En el diagrama B, localiza el eje de bielas. Cuéntalas. Parece que son cinco. Hay dos pares juntas.





Inventor
Samuel I. Berger

Diagrama B

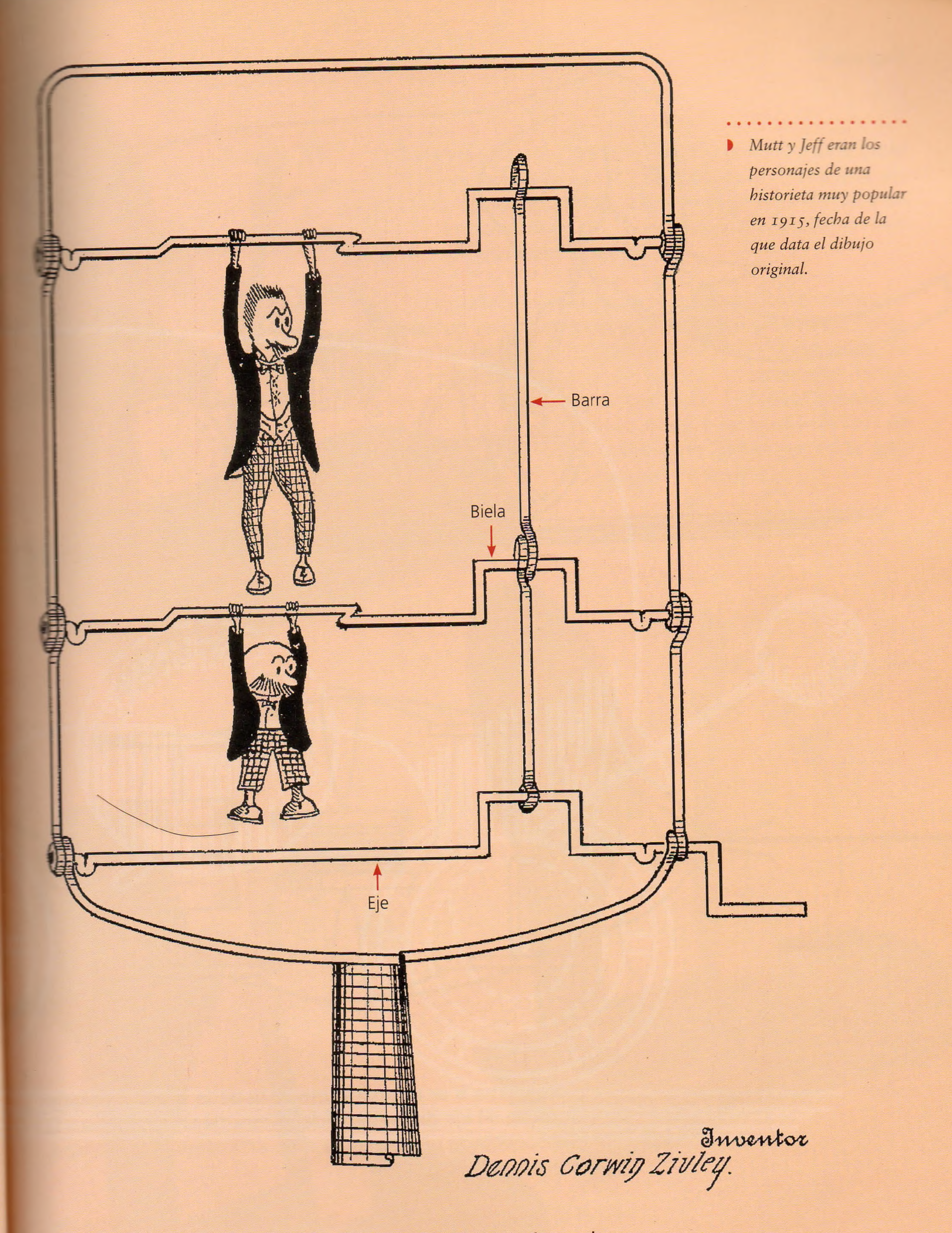


Diagramas que representan una serie de músicos con un mecanismo de bielas.

Las bielas pueden llevar una palanca (un alambre, un palo, una tira de papel, etc.) para conectarse a otras piezas. En este conjunto musical se conectan a los brazos que ejecutan los instrumentos.

Las bielas merecen examinarse en detalle, ya que tienes en ellas hasta cuatro opciones diferentes para mover un autómata. Puede lograrse un movimiento recíproco no uniforme, dos diferentes movimientos oscilantes y uno combinado, con movimiento oscilante y de lado a lado. Al conectar las bielas con otras piezas, las posibilidades se hacen infinitas.

Para acabar de comprender esto, se presenta el diagrama donde aparecen Mutt y Jeff. En este juguete, los muñecos, con todo y sus bigotes, harán sus acrobacias cuando se dé vuelta a la manivela. La manivela mueve al eje y, en consecuencia, a la biela; ésta, a su vez, por medio de la barra comunica el movimiento a las otras dos bielas.

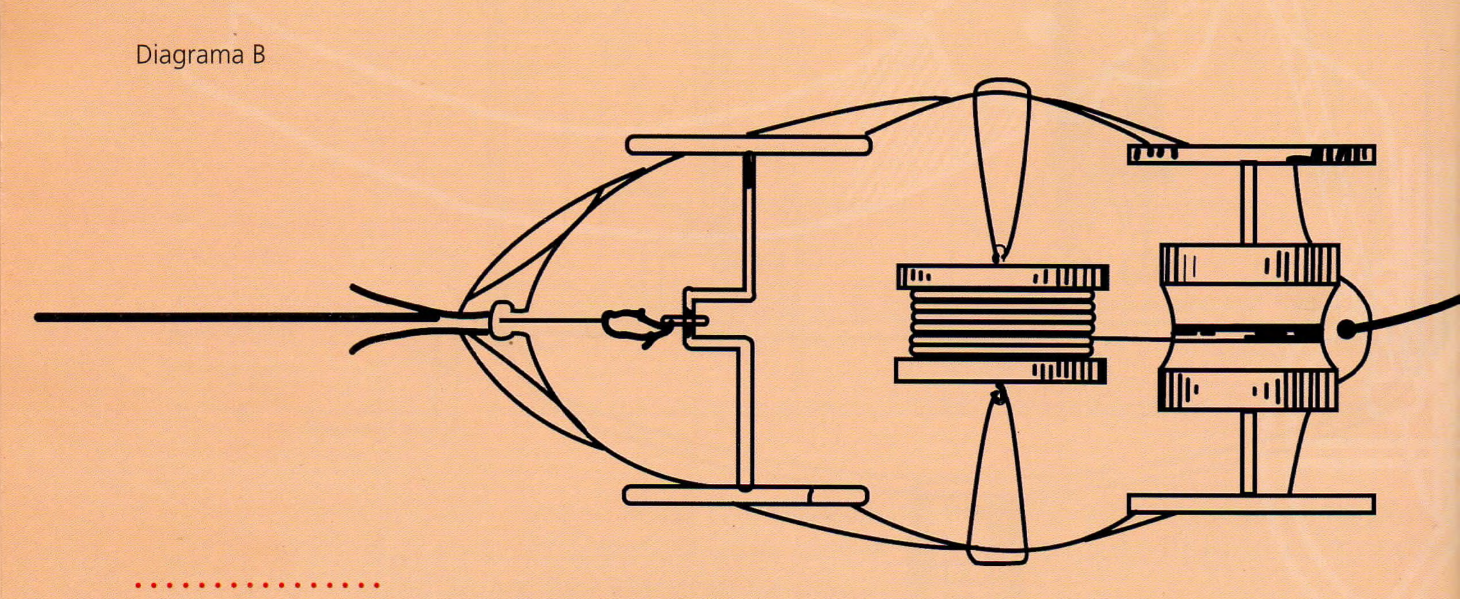


Mutt y Jeff eran los personajes de una historieta muy popular en 1915, fecha de la que data el dibujo original.

En la siguiente página, el simpático elefante camina sobre ruedas. Mediante cuerda de carrete de hilo elástico, al caminar mueve la trompa arriba y abajo. ¿Cómo lo hace?

Diagrama A

Diagrama B



Diagramas de otro elefante, que data de 1888.

En el diagrama B se muestra una vista de la parte de abajo del elefante. El eje de la rueda delantera tiene una biela a la cual va conectada una palanca que, articulada a la trompa, logra el efecto.

En el diagrama A puedes ver dos circulitos en la trompa del elefante. El de arriba indica el punto de unión con la palanca, y el de abajo, el punto de unión con el cuerpo, o sea con la parte inferior de la cabeza.

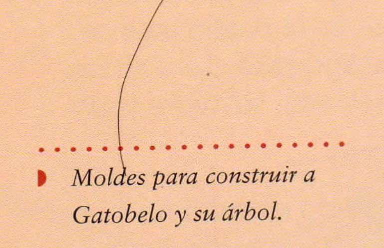


Gatobelo salta la cuerda

Gatobelo puede saltar la cuerda gracias a una biela conectada a su brazo. La biela es la rueda que sobresale del árbol y cuyo vástago está clavado en la mano del gato, la cual, a su vez, sostiene todo el peso del animalito.

Es preferible realizar este proyecto en madera suave de un centímetro de grosor. El cuerpo mide 2 centímetros de ancho (de hombro a hombro) y 12 de largo, de la cabeza a la punta de las patas. Los brazos miden 3 centímetros por lado. El árbol, la base, la rueda de la biela y la manivela son de madera de 3 mm. El vástago es de palo de algodón de azúcar.

Observa la posición de la manivela conforme el gato salta.



Moldes para construir a Gatobelo y su árbol.

Para realizar este proyecto, necesitas la ayuda de un adulto que sepa manejar el taladro. Con esta herramienta se atraviesa el cuerpo para que, por el hoyito que se forme, pueda pasar un palito redondo que gire libremente al tiempo que cada extremo se clava y pega en los brazos. Éstos deben poder girar.

La cuerda para saltar es un alambre delgado de acero del número 18. Está clavado en una pequeña perforación, pero aparte tiene una punta de palillo pegada como calza.

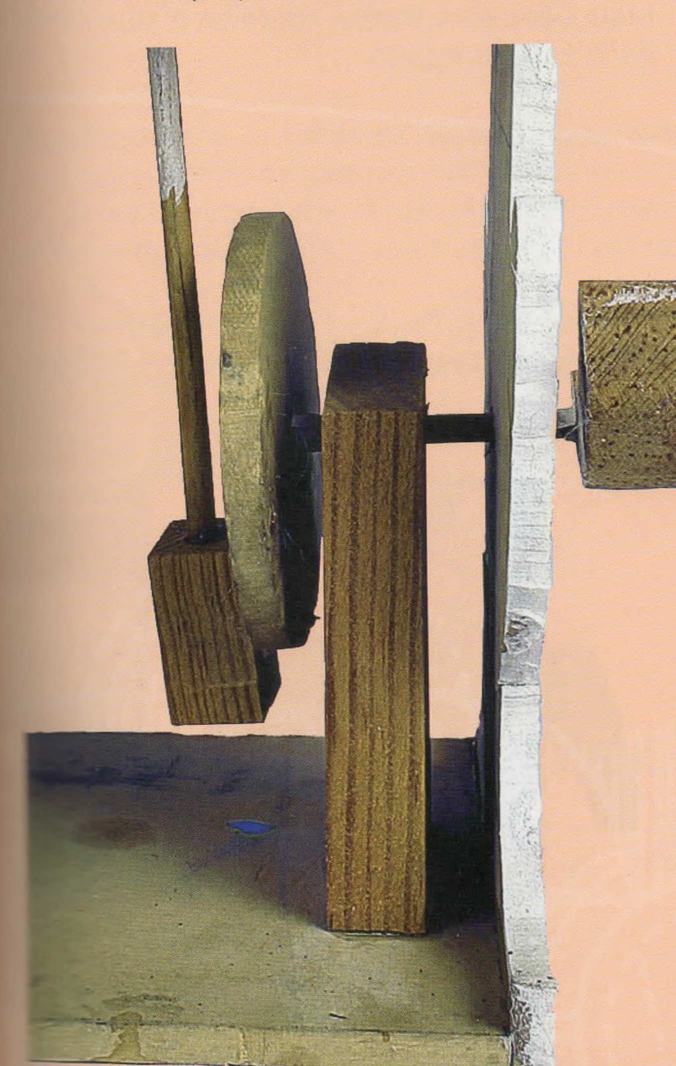
Se conecta aquí
la manivela.

Se conecta con
el vástago.

Aquí entra
el vástago.

Recursos

Un detalle muy importante del mecanismo de biela es que se conecta con el palpador. Éste es una palanca o vástago que debe girar libremente. Observa primero cómo se arma un mecanismo típico: la rueda tiene dos orificios para que se conecte a ellos el eje central, por la parte de atrás; un palito se conecta por el frente y fuera del centro, que es la conexión al palpador.



Atrás, en el eje central, se conecta la manivela, como se ve en la fotografía. Esta conexión es firme y se pega con pegamento blanco. El palito que se conecta al palpador también debe quedar bien pegado a la rueda, pero el palpador en el que se mete debe quedar flojo para permitir su rotación.

Elementos de un mecanismo típico de biela.

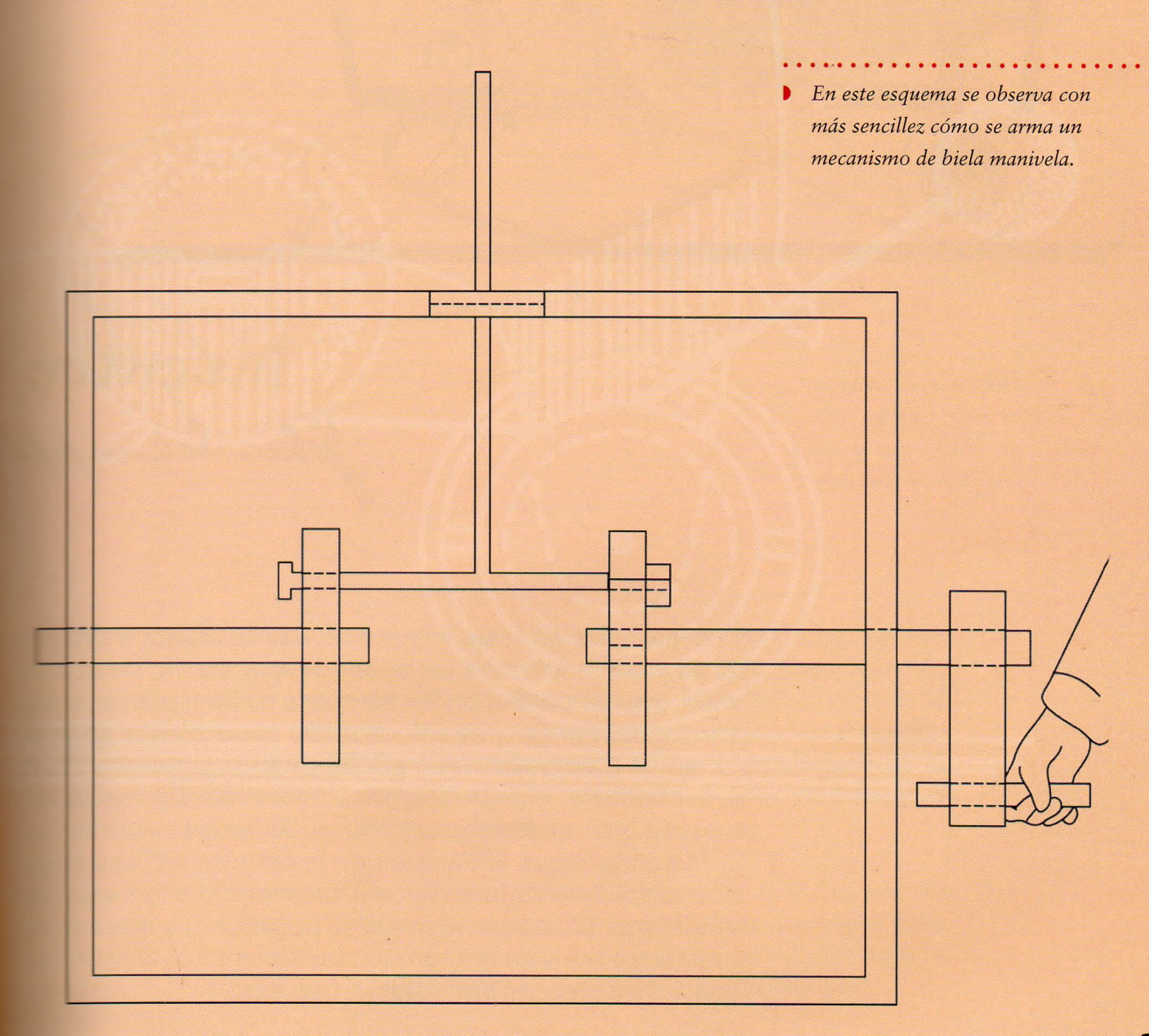
Es decir, el eje central va bien pegado a la manivela y al elemento interior, mientras la conexión al palpador debe quedar floja para que gire. Fíjate cómo lleva un taponcito (una cuenta o arandela) en los extremos para que no se salga el palpador y permanezca centrado. La caja tendrá una abertura arriba, que permitirá el paso del palpador según se quiera mover.

Trinquete

El trinquete es la rueda de matraca, una variante de los engranajes. Tiene los dientes inclinados en sentido contrario al giro y se acompaña de un gatillo apoyado en los dientes, para evitar que el eje gire en sentido contrario al deseado.

Lo encontramos en muchos juguetes, como parte fundamental de la cuerda mecánica. Lo vemos en el diagrama

En este esquema se observa con más sencillez cómo se arma un mecanismo de biela manivela.



del conejo. Para explicar cómo funciona este mecanismo, tenemos el dibujo, con un arreglo más sencillo.

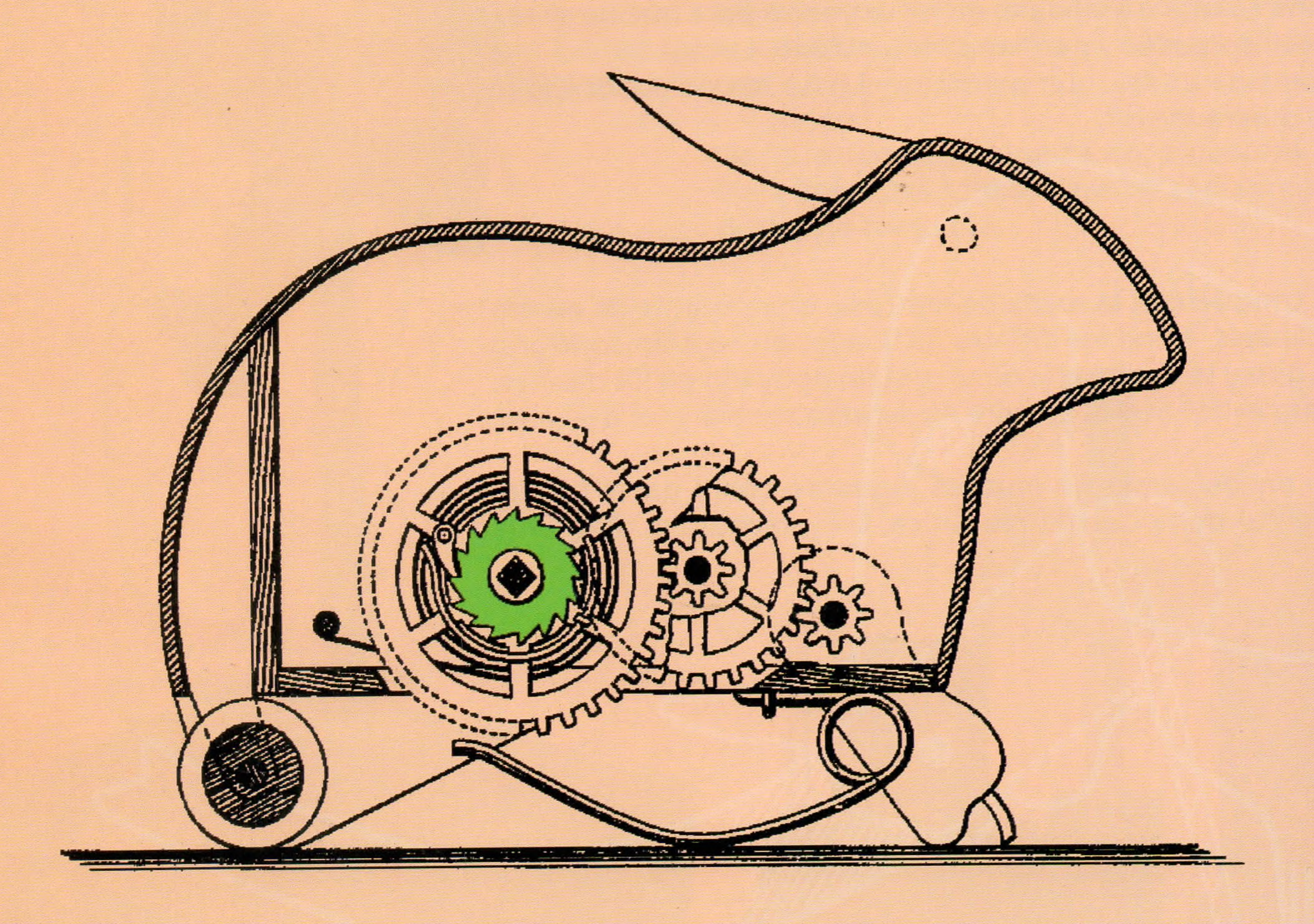
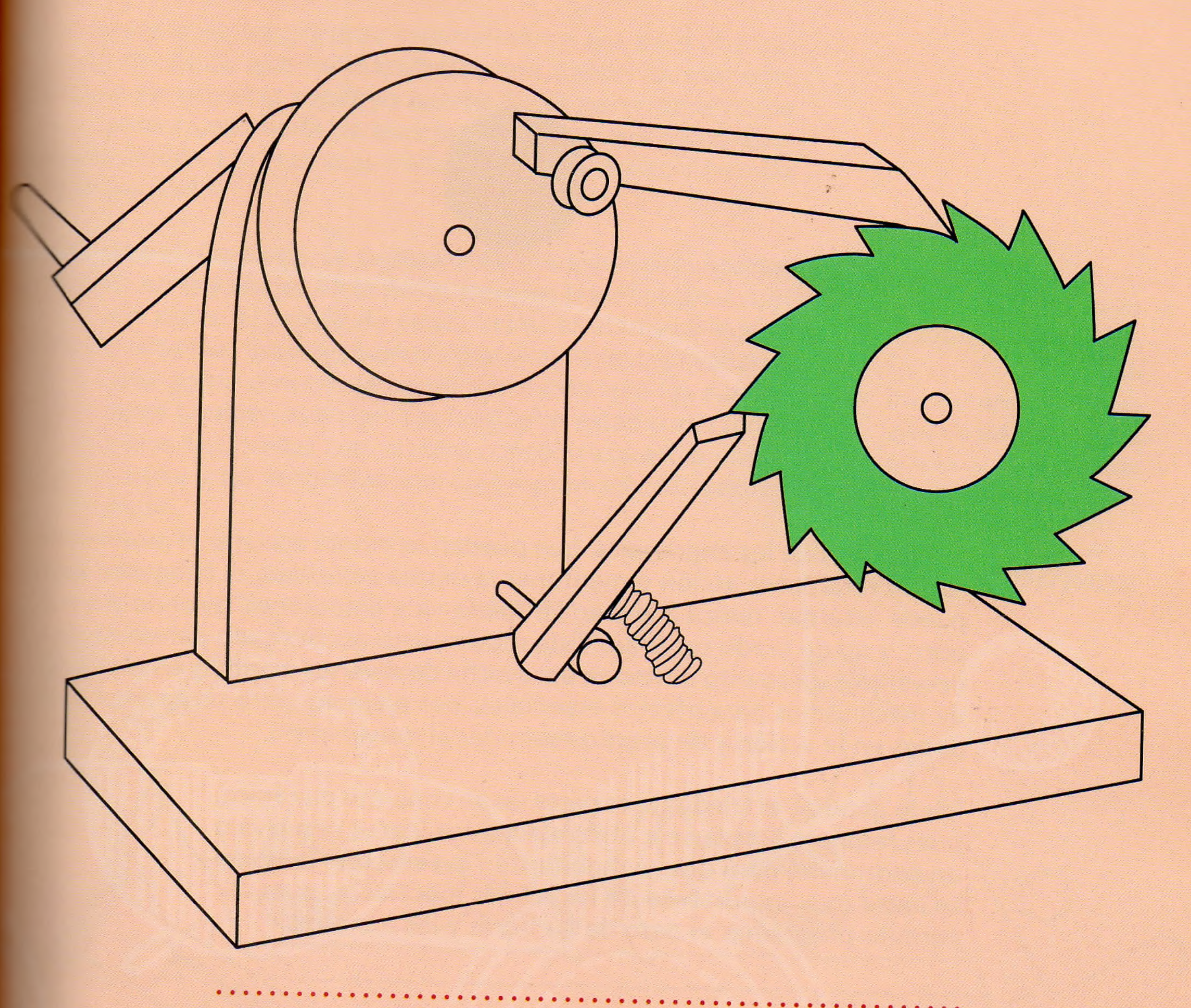


Diagrama de un conejo de 1877. Caminaba sin mover las orejas, gracias a una rueda de trinquete.

Inventor.
John Schwippel

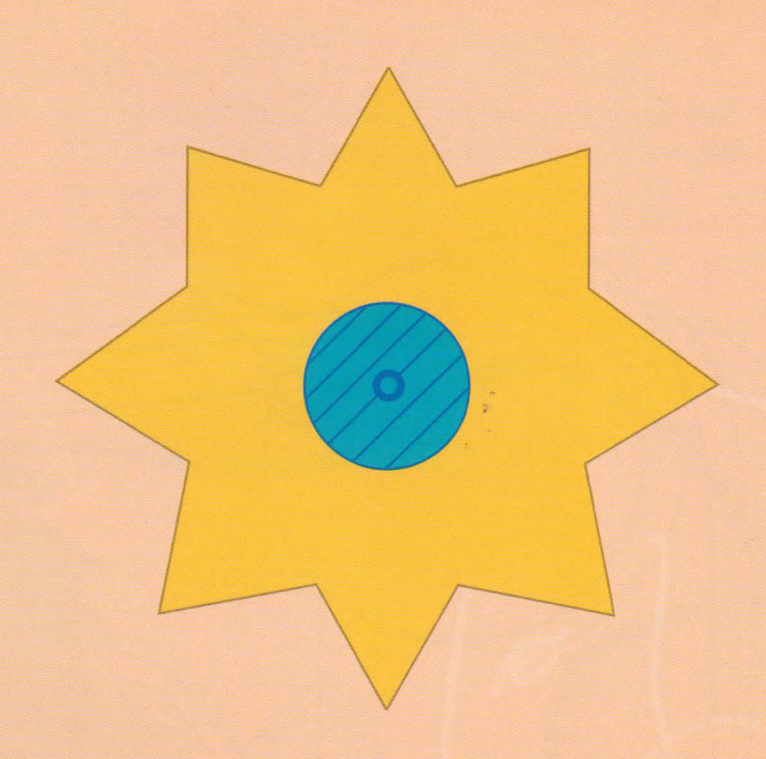
En la parte de atrás del trinquete, damos vuelta a una manivela para mover una biela, la que, por medio de una palanca, empuja un diente del trinquete hacia adelante. Luego la palanca regresa y se coloca atrás, en el diente anterior, al cual va a empujar hacia adelante en la siguiente vuelta de la manivela. Mientras tanto, abajo, el gatillo impide que la rueda gire en sentido contrario. Un resorte mantiene el gatillo en su lugar, al tiempo que le permite un libre juego. Dibujamos un círculo en la cara exterior del trinquete para señalar que en esa parte puede ir pegado otro mecanismo, como una leva o un engranaje, que será el que transmita al final a otra pieza el efecto del trinquete.



El trinquete se mueve gracias a la manivela.

En la práctica, a muchas vueltas de la manivela, el trinquete irá dando apenas una vuelta completa. Esto tiene muchas aplicaciones en los juguetes y en los autómatas, ya que se puede retardar un movimiento para hacerlo más pausado o sincronizar varios movimientos a la vez. Acuérdate de *El último dodo*, en donde los marineros comen deprisa y el capitán lo hace muy despacio.

Si tenemos una rueda de trinquete con ocho dientes, significa que tendremos que dar ocho vueltas de la manivela para que la rueda dentada gire por completo una vez. Si cambiamos el número de dientes, cambiará esta proporción.



Un trinquete de ocho dientes da una vuelta completa si damos ocho vueltas a la manivela.

A diferencia de los engranajes, que pueden lo mismo acelerar el movimiento que retardar la acción o mantener la misma velocidad, el trinquete sólo puede retardar, nunca acelerar. La rueda va a empujones, girando poco a poco, y no de modo continuo. Este movimiento accidentado pareciera una desventaja, pero esto mismo se aprovecha de diversas maneras en el diseño de mecanismos para efectos especiales, por ejemplo, para programar una pausa en la acción y de pronto reanudar el movimiento.

Por lo general, el trinquete es parte de un conjunto mecánico, pues requiere acoplarse a otros elementos (como una leva o un engranaje) para que se manifiesten sus efectos. También es parte muy importante de los relojes mecánicos, pues permite programar el paso de las horas y los minutos.

Diagrama de un avión de juguete de 1932. Se empuja con un palo y se hace rodar en el piso. La rueda de matraca hace ruido al avanzar el avión.

Inventor

Frank O. Bergstra

Taller

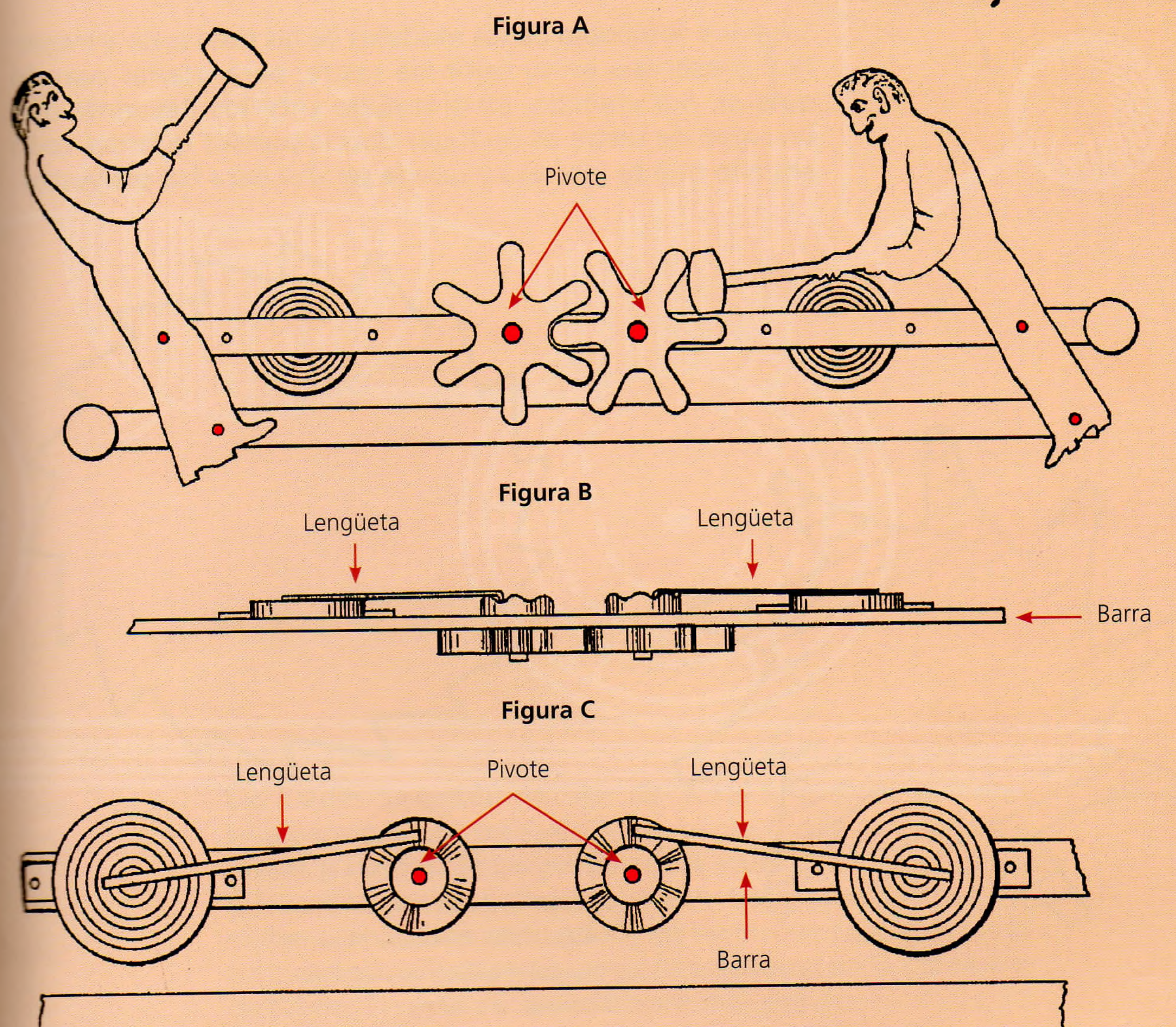
Traca, traca la matraca

El juguete de los obreros originalmente era de metal sólido, de modo que los martillazos que daban los muñecos sobre las estrellas sonaban fuerte. En la parte de atrás se encuentra una rueda de matraca que funciona como aparato sonoro. Las matracas tradicionales de carrizo sirven de comparación.

Observa el diagrama. Se compone de tres vistas del juguete: frente, atrás y abajo. Atrás de las estrellas tenemos unas ruedas con aspas. El centro de estas ruedas es el mismo que el de las estrellas. Éstas reciben los martillazos de los muñecos y a cada golpe giran levemente, de modo que las ruedas con aspas también avanzan. Las lengüetas están conectadas a la barra. Las ruedas con círculos concéntricos en la unión de la barra y las lengüetas son diafragmas amplificadores de sonido.

Diagrama de un juguete de 1919. Era de metal, con un par de matracas con amplificador de sonido (la parte de abajo).

Inventor
Joseph Stremel



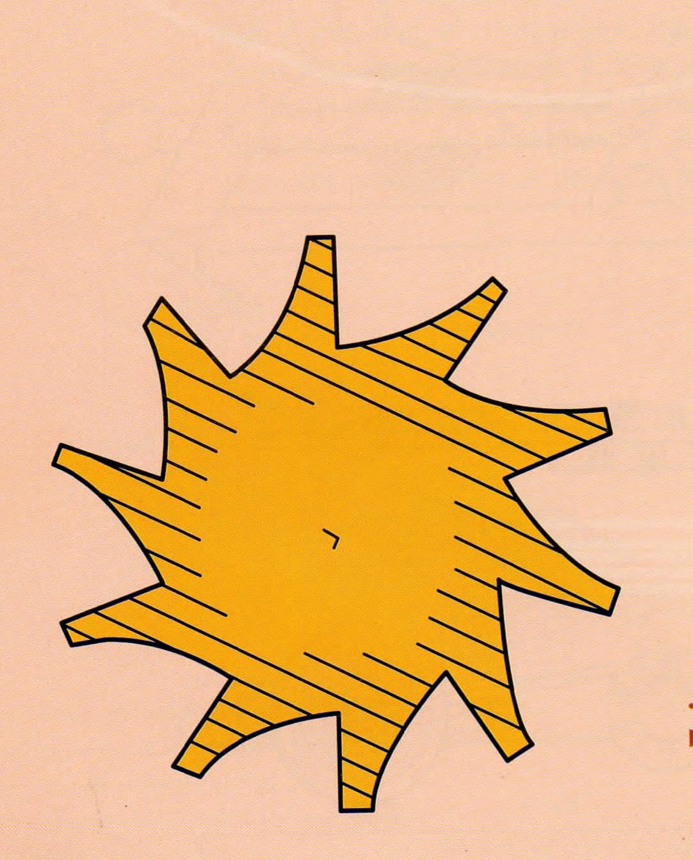
Para realizar un juguete parecido, utiliza madera delgada de 3 mm para los muñecos y las lengüetas. Usa madera de pino de 1 cm de grueso para las estrellas, las ruedas de matraca y las barras.

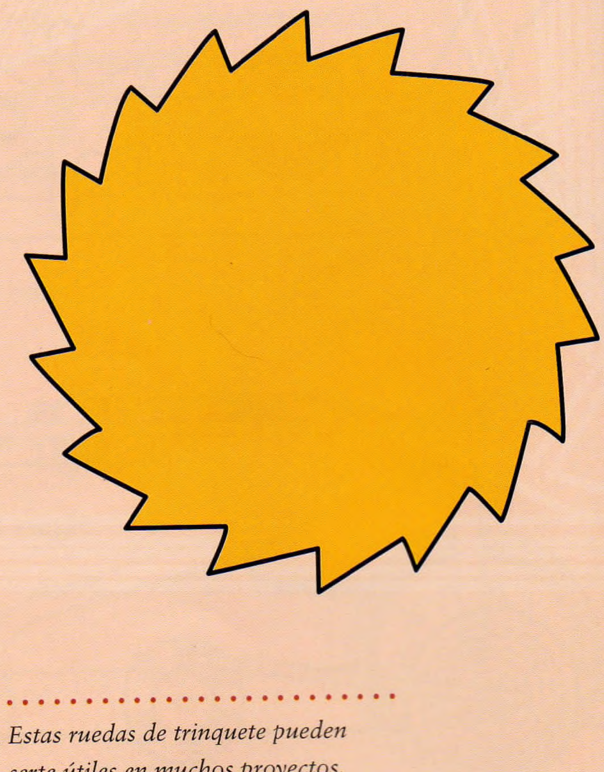
Saca una fotocopia de tamaño natural de la figura A. Recorta y luego pega los muñecos en la hoja de madera delgada, y haz el calado siguiendo las líneas. Los muñecos son de una sola pieza. El martillo debe quedar muy firme en el brazo. De igual modo, sobre la madera de 1 cm, recorta y pega las estrellas y las ruedas de matraca. Cambia el diseño de la rueda de matraca de este juguete por una de las ruedas que encontrarás en la sección de recursos, ya que éstas son más sólidas y más fáciles de hacer que una rueda con aspas. Como ya te imaginarás, hay que calcar y recortar estas ruedas.

Para unir las piezas, debes perforarlas en el centro. Utiliza para esto palillos redondos rematados con una pequeña cuenta de pulsera.

Recursos

Saca una fotocopia de los modelos de las ruedas de trinquete y consérvala en tu cajón de sastre, para usarlas cuando quieras, por ejemplo, en el trabajo anterior. Recuerda que un cajón de sastre es un lugar donde puedes guardar todo aquello que te interesa y puede ser útil para tus proyectos.

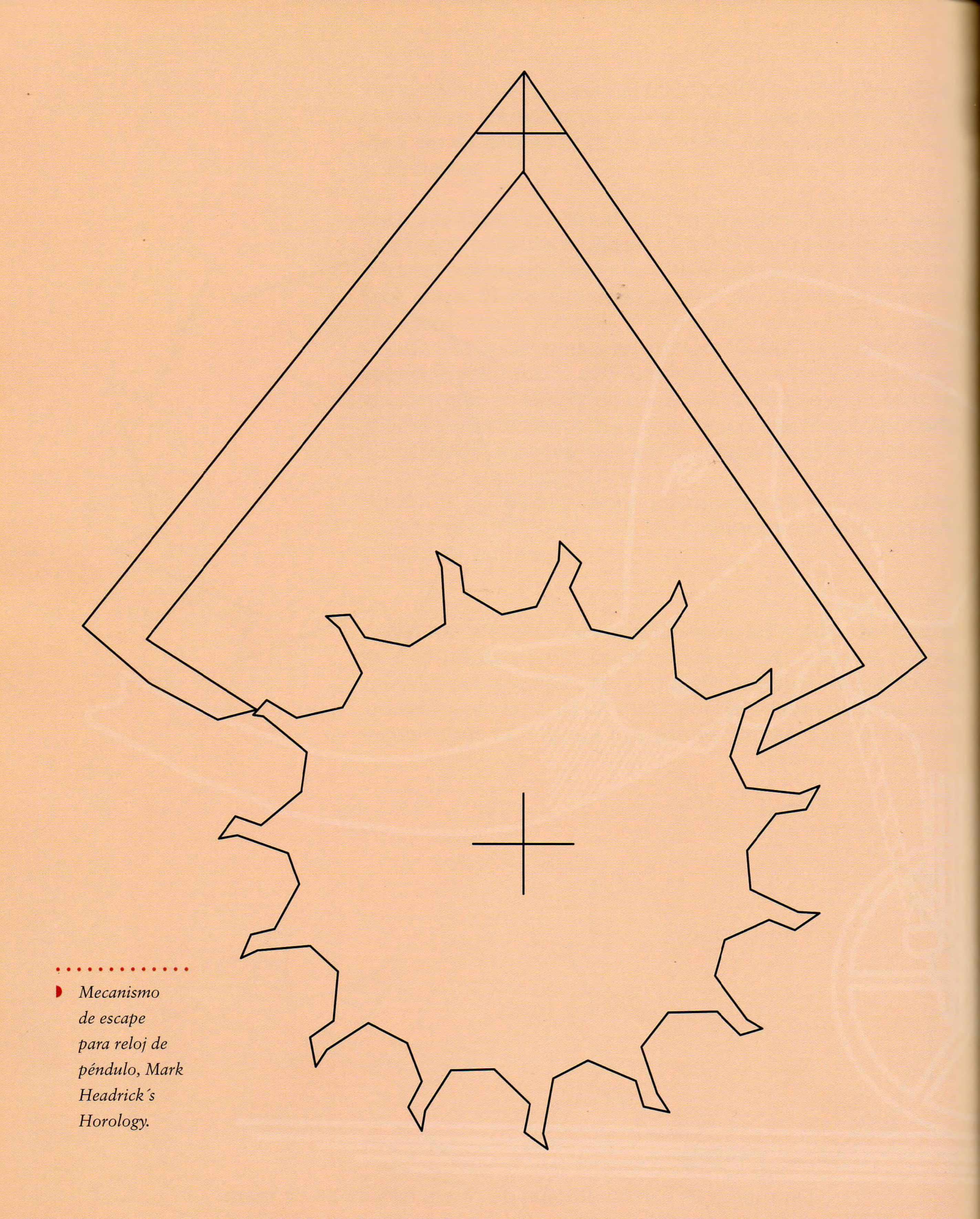




Estas ruedas de trinquete pueden serte útiles en muchos proyectos, según el número de vueltas que desees.

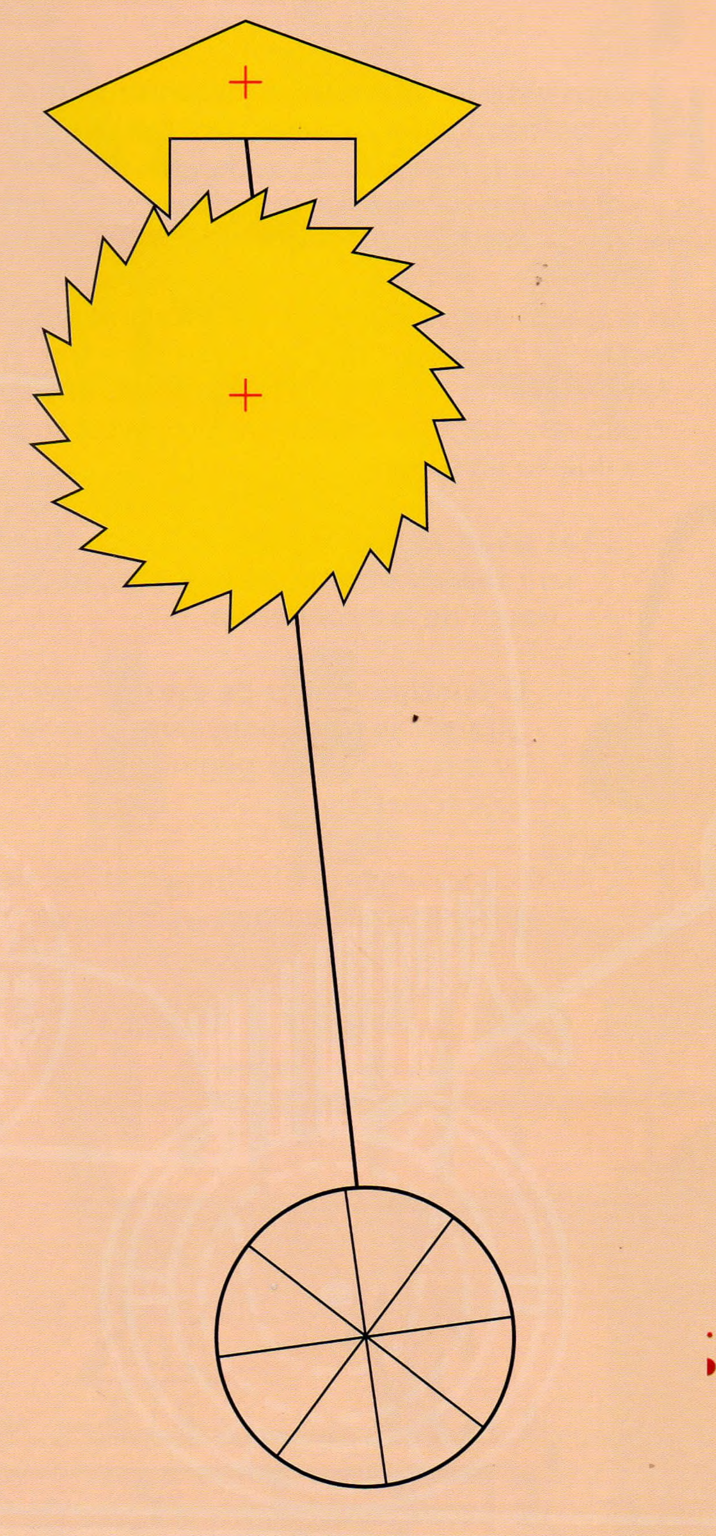


Las ruedas de cartón de cajas de cereal funcionan de maravilla para muchos trabajos. Si las pegas doble quedan muy firmes y rígidas. Si las pones triple imitan la madera. Haz diferentes pruebas. Para construir trinquetes, ya sea en madera, en cartón corrugado, en cartón de cajas de cereal o en cartulina ilustración, pega tu fotocopia en la madera o cartulina. El corte así será siempre más exacto.



Mecanismo de escape para reloj de péndulo, Mark Headrick´s Horology.

Las ruedas de madera son recomendables si se trata de hacer efectos sonoros con el mecanismo; pero si éste no fuera el objetivo, por ejemplo en un reloj, las ruedas de trinquete pueden ser de cartón. Uno de los mecanismos indispensables en los relojes mecánicos es la rueda de trinquete. Hay relojes



Reloj de péndulo simplificado, How Stuff Works.

con mecanismos de cartulina que funcionan perfectamente. Observa el reloj de péndulo simplificado. Cada oscilación del péndulo mueve, de un lado a otro, el arco que se encuentra arriba de la rueda. El arco empuja un diente de la rueda hacia tu derecha cada vez.

Propuestas para talleres

Hemos visto los principales mecanismos que intervienen en la mayoría de las máquinas y juguetes. Nos faltan muchos, pues existen cientos de ellos, aunque casi todos se derivan de palancas, levas, bielas, engranajes y poleas. Por ejemplo, el mecanismo de piñón y cremallera es una combinación de dos tipos de engranajes. Y así iríamos explicando los demás.

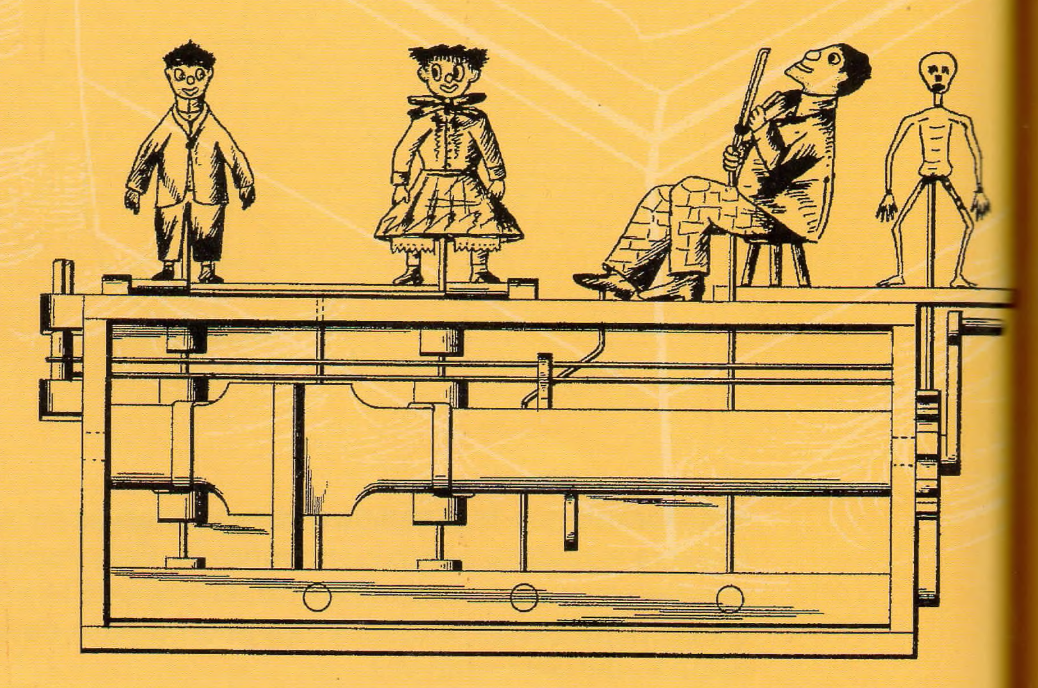
Lo que toca ahora es enriquecer esta primera vista de los mecanismos, con recursos y proyectos que te sirvan de ensayo, a fin de que te acabes de familiarizar no sólo con los mecanismos sino con tus propias posibilidades creativas. Claro, al realizar los proyectos sugeridos ya, tu creatividad se ha puesto en juego.

Las páginas que siguen, pues, contienen nuevas propuestas de sencillos autómatas de juguete, así como pequeños consejos que nacen de la experiencia.

El principio rector de estos proyectos es marcar el camino, insinuar las soluciones para que te acostumbres a andar solo y a consultar las páginas en donde se presentan soluciones parecidas.

Esto complementa el objetivo inicial de la obra, que es familiarizarte con los mecanismos que mueven robots y máquinas.

Podemos armar juguetes antiguos, adaptando los mecanismos. Diagrama de un juguete patentado en 1893. Filadelfia.

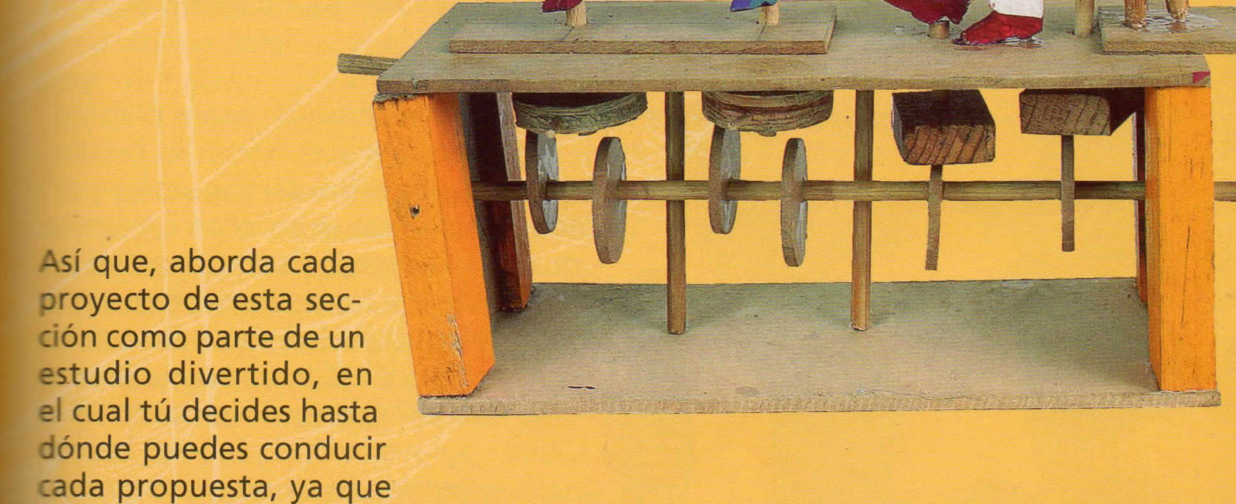


Inventor

John W. Zimm.



El autor elaboró el mismo juguete de 1893, pero con mecanismos más sencillos. Al dar vuelta a la manivela, los muñecos y los mecanismos cambian de posición.



Así que, aborda cada proyecto de esta sección como parte de un estudio divertido, en el cual tú decides hasta dónde puedes conducir cada propuesta, ya que puedes cambiarlas de muchas maneras. En vez de una paloma puedes poner un halcón; en vez de dos soldados, dos luchadores o unos bailarines; en lugar de un barquito, poner las tres carabelas; en lugar de ruedas de fricción, engranajes; en lugar de un caballo volador, un elefante, etc. No hay límites para el quehacer y mucho menos para la imaginación creativa.

El diseño

¿Cómo diseñar un proyecto propio? Al principio, deberíamos basarnos en la obra de otras personas, copiarla y adaptarla a nuestro estilo o gusto. Por



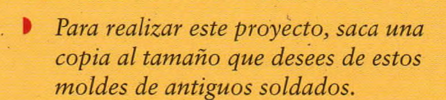
Para realizar este proyecto, puedes sacar una copia amplificada de estos moldes.

ejemplo, el diagrama de lo que parece un salón de clases proviene de un juguete muy antiguo, muy chistoso y muy elaborado, pues tenía incluso cuerda mecánica con musiquita.

Se le daba cuerda al juguete y el maestro movía la pierna y la batuta, mientras los niños bailaban. Atrás del maestro, un esqueleto imitaba en todo a los niños.



Para realizar este juguete, pero con mecanismos menos elaborados, se cambiaron por otros más sencillos que hacen lo mismo, como se observa en la fotografía del juguete ya armado. Los moldes se hicieron en cartón de cajas de cereal, se marcaron las articulaciones, los cuerpos se recortaron en madera de 6 mm y los brazos en madera de 3 mm, más la pierna movible del maestro. Se hicieron dos levas para mover el pie y los brazos del maestro, así como tres pares de ruedas de fricción para hacer mover a los niños y al esqueleto. Estudia con cuidado las fotografías del juguete elaborado por el autor. Éste es un caso de cómo puedes diseñar



Para realizar este proyecto, saca una copia al tamaño que desees de estos moldes de antiguos soldados.

A estos soldados de principios de siglo XX sólo les falta darse un buen sentón.

tus autómatas a partir de otros juguetes o de otros autómatas.

Vencidas

Observa los moldes. Se trata de dos soldados. Son iguales, salvo algún detalle muy pequeño. Los dos tienen sus dos brazos, pero los de uno están unidos con los del otro. Y es que están jugando a las vencidas. Hay que pegar el cuerpo y articular la parte inferior de las piernas y los brazos. Además, hay que conectarles un arito de alambre en el mero trasero.

En el juguete ya elaborado, están ambos de pie. Para que de verdad haya vencidas, al dar vueltas a la manivela hay que cambiar una de las levas para abajo, obligando a uno de los soldados a sentarse. La clave de este juego está en pegar firme las botas a la base. Así, cada soldado quedará sentado al tiempo que el contrario está de pie y al revés al girar de nuevo.

Mares tormentosos

Éste es un sencillo trabajo que, sin embargo, es la base de muchos autómatas de juguete que encontramos en el mercado del Reino Unido. Si damos vuelta a la manivela de la parte frontal, el barquito comenzará a mecerse como si se balanceara en el mar.



Al reverso, una rueda ovalada se mueve con la manivela. Vemos también el barco completo y una tira de madera que se apoya sobre la rueda ovalada.

Si observas el extremo izquierdo, verás que la tira de madera está sujeta a la tabla principal por una articulación, un broche. Por ello, al girar la rueda excéntrica sobre la que descansa, esta tira subirá y bajará con el barco pegado a ella.

▸ *Había una vez un barco chiquito...*

Si te parece muy sencillo este proyecto, podrías añadir un elemento extra, como el vuelo de un pájaro marino cerca del barco. Para ello habría varias soluciones. Una es conectar un trinquete al árbol de la leva y conectar a la vez el trinquete a una biela que movería al pájaro. De este modo, mientras el barco se agita en el mar, el ave se deslizará suavemente en el cielo, lo cual producirá un efecto más bonito.

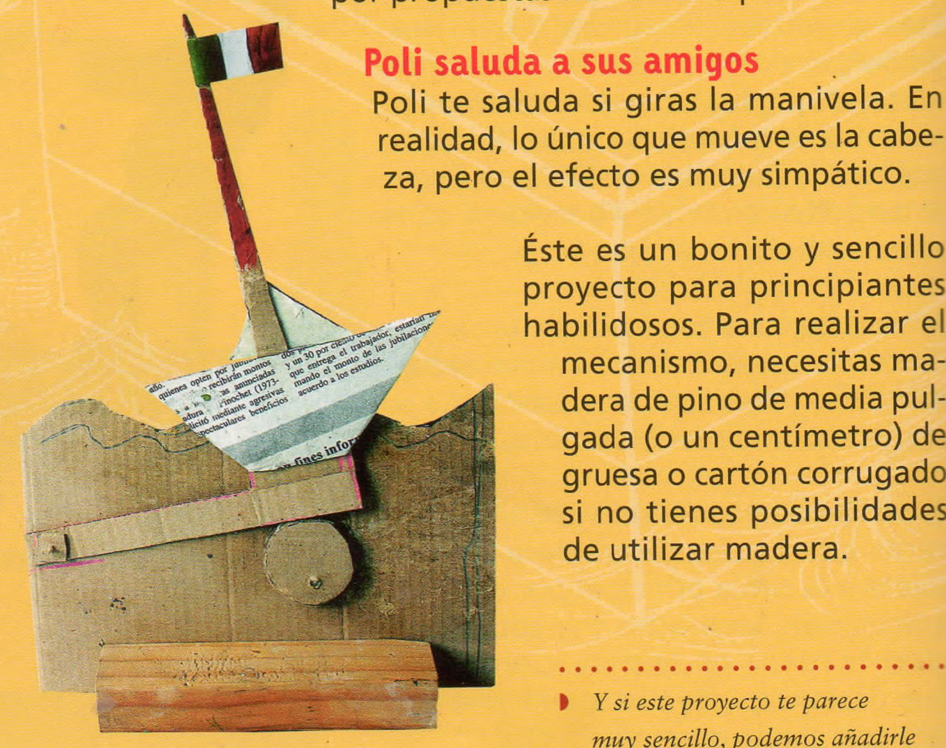
No es una solución sencilla, pero a lo mejor a ti se te ocurren otras ideas. Por ejemplo, diseñar un galeón de la Nueva España o poner tres barcos en lugar de uno, de modo que se muevan uno tras otro. En fin, por propuestas no vamos a parar.



Poli saluda a sus amigos

Poli te saluda si giras la manivela. En realidad, lo único que mueve es la cabeza, pero el efecto es muy simpático.

Éste es un bonito y sencillo proyecto para principiantes habilidosos. Para realizar el mecanismo, necesitas madera de pino de media pulgada (o un centímetro) de gruesa o cartón corrugado si no tienes posibilidades de utilizar madera.



▸ *Y si este proyecto te parece muy sencillo, podemos añadirle elementos extra.*

Pide que te corten tres círculos de madera de dos centímetros de diámetro y que les hagan los hoyos indicados, para que los atraviese muy justo un palo para algodón de azúcar. Este palo va a servir como eje de las levas y del palpador, además de ser el mango de la manivela. Si trabajas con cartón corrugado, tienes que pegar entre sí dos piezas para hacer una, ya sean los círculos o la caja. Si trabajas con la madera recomendada, corta cuatro tramos de cinco centímetros de largo y cuatro de ancho; con ellos puedes armar, con pegamento blanco, el marco del autómata. También puedes pedir la madera, los cortes y los hoyos en una carpintería. El marco lleva tres hoyos, según se ve en las fotografías de Poli. Arriba en el centro hay uno, y dos a los lados para que pasen los ejes un poco flojos.

Un palillo de dientes redondo se incrusta en la rueda del palpador. Esto permitirá que Poli gire un poco y se detenga para uno y otro lados.

Por cierto, Poli está hecho de dos bolas de madera, sobrantes de un rosario grande de muchas cuentas, a las que se les amplió un poco la perforación para que pasara el palito que lo sostiene. Así se hizo originalmente, pero puedes usar bolitas de unicel de las más pequeñas para el cuerpo.

Los brazos y las piernas están hechos de medio palillo, recubierto de pedacitos de papel con pegamento. El papel (higiénico) no se nota porque después se cubrió con pintura acrílica. Los ojos se encontraron en una mercería.

El cuerpo va fijo a la base de madera por medio de las piernas, mientras la cabeza queda prendida al extremo del palpador que atraviesa el cuerpo del muñeco. Esto debe quedar un poco flojo para que haga el movimiento.

La cabeza se coloca al último para ajustarla bien al palpador. Las antenas son de palillo y terminan con unas cuentitas de collar. Decora a tu gusto. Si tienes alguna duda, consulta a un mayor.

Trompa poderosa

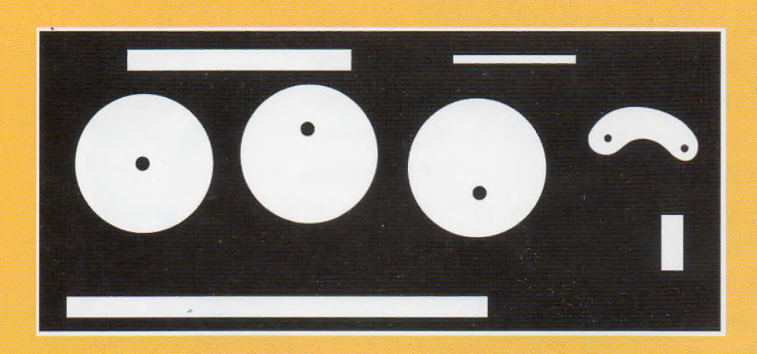
En efecto, la trompa de un elefante es muy poderosa y el paquidermo la suele usar con tanta habilidad como si fuese una mano. De ahí que cuan-

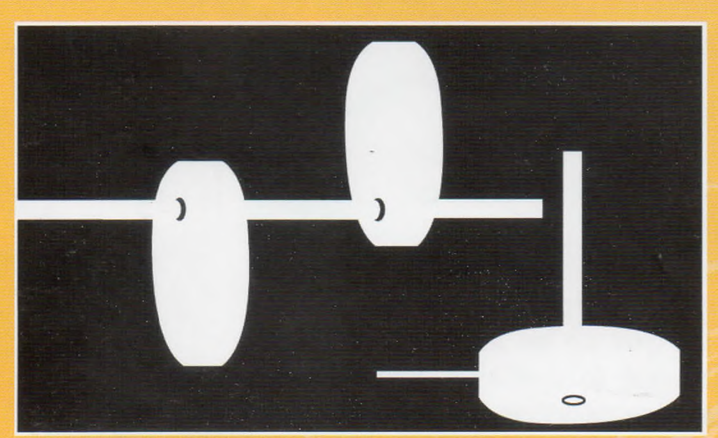


Observa los mecanismos que permiten el movimiento de Poli, para armar un muñeco similar.

do se encuentra en peligro, pueda recurrir a su trompa ¡para pararse en ella! y escapar del problema.

Se trata de un proyecto de muy poca dificultad. El efecto del elefante con los ojos mirando hacia el ratón es muy gracioso.





Saca una fotocopia de los moldes de las ruedas del mecanismo, para saber dónde van los hoyos.

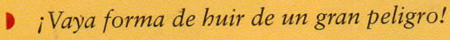
Observa que la única pieza fija es la cabeza del elefante, pegada por la trompa a la base de madera. Se hace girar el cuerpo con un tirante que va conectado a una rueda excéntrica. Al mismo tiempo, una leva conectada con retraso de media vuelta levanta la tablita donde reposa el ratón. Al girar la manivela cambian de posiciones y sube la leva empujando al ratón fuera del hoyo, al mismo tiempo que el tirante es jalado hacia abajo, lo cual permite que el elefante se pare de trompa.

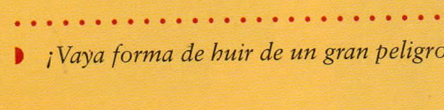
Este proyecto se basa en la creación original del artista británico Neil Hardy, que viste en la página 27.

A pesar de que es un autómata divertido, puede ser mejor una escena donde la acción es cíclica, continua, como los autómatas anteriores.

Papalote

Una acción cíclica, para el efecto de nuestros autómatas, es la que se repite de modo "natural", aunque sea una invención. La escena del elefante, si se repite continuamente, parece un tanto artificial. Si el elefante estuviera balanceando la trompa, sería una escena más natural, no por lo común sino porque su repetición no resulta artificiosa.



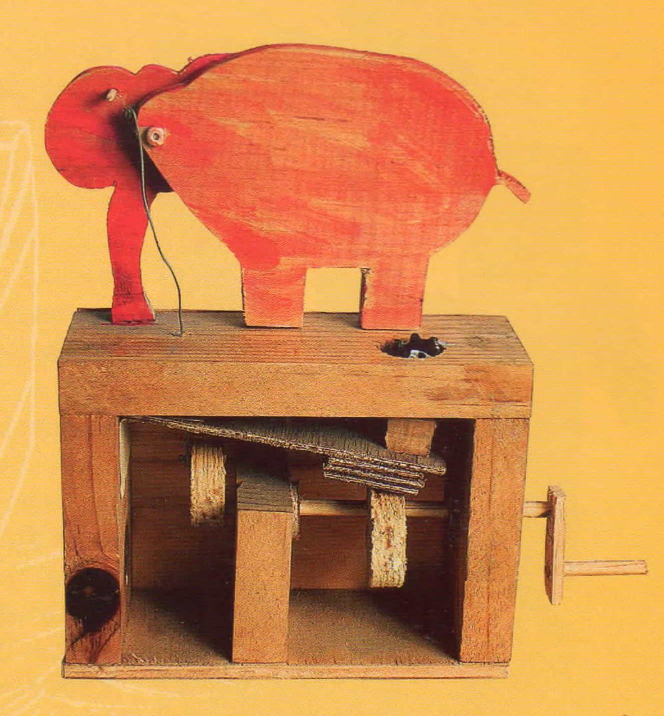


¡Vaya forma de huir de un gran peligro!

La escena del papalote es un poco fantástica, pero el movimiento del niño que se eleva con su papalote resulta muy "natural". Es como un cuento fantástico en donde la trama es creíble si está bien armada.

Bueno, pues este proyecto te puede quedar muy lindo si lo decoras a tu gusto. En la caja hay un mecanismo de biela. El alambre galvanizado, muy delgado pero rígido, está clavado en lugar del vástago o palpador y pasa entre las manos del niño. En ambas partes se usaron calzas de puntas de palillo para atorar bien el alambre.

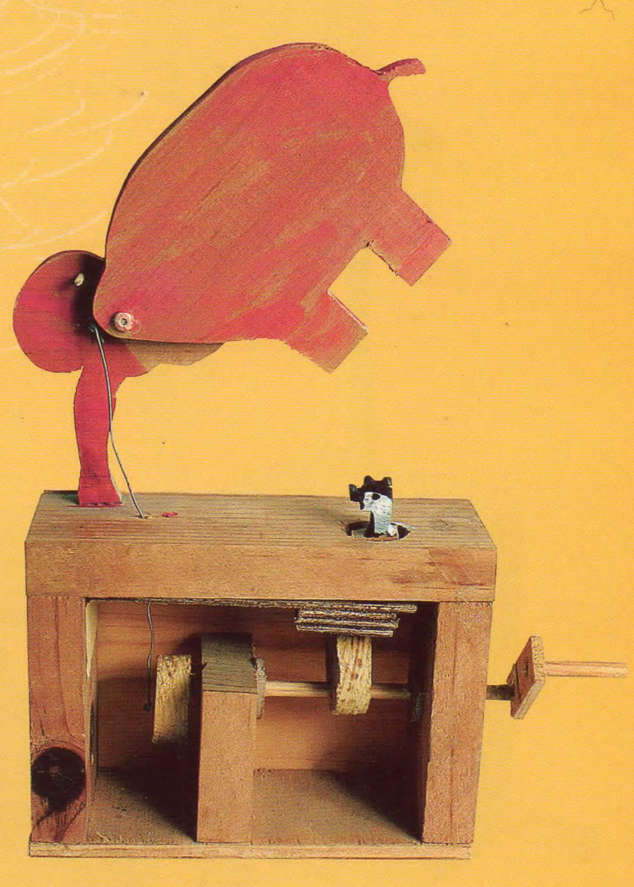
Al dar vuelta a la manivela, el niño sube y baja balanceándose suavemente tanto al subir como al bajar. Revisa la propuesta que sigue. En una variante podemos colocar, al lado del niño, un perro que lo esté mirando mientras ladra y mueve la cola. Para ello bastaría hacer más largo el eje y colocar un doble mecanismo de leva y ruedas de fricción.



Caballito

¿En qué se parece un caballito volador a un niño que vuela un papalote? Pues en que los dos pequeños autómatas tienen el mismo mecanismo.

Nuestro caballito está sostenido por el vástago que sale de la rueda, y tiene además un par de alambres muy delgados que sostienen



El verdadero peligro se encuentra en la leva que levanta la tablita donde descansa el ratón.



La acción del viento, simulada por el mecanismo de biela, eleva al niño junto con el papalote.



las alas; salvo estas diferencias, el mecanismo interno es exactamente el mismo que el del papalote.

Observa la primera fotografía, la de la caja, e identifica los elementos que componen el juguete. El eje sobresale de la caja porque en él vamos a conectar después la manivela. El eje, en el interior de la caja, está conectado (con pegamento también) al centro de una rueda. El vástago sobresale arriba de la caja. Este vástago termina en un bloquecito de madera, el cual tiene un hoyo por el que pasa libremente un palito conectado a la rueda.

¿Eso es todo? Falta un detalle que no se nota: el hoyo que está arriba de la caja por donde pasa el palo que sostiene al caballito tiene una particularidad. En principio, tiene que ser del ancho de ese palo y estar ligeramente alargado. ¿Qué tanto? Sólo un poco. Esto lo comprobarás en la práctica. La cuestión es que no se atore el palo en su movimiento de balanceo.

Las alas del caballito están sostenidas por un alambre muy delgado y rígido. Busca en casa un material semejante. El alambre que se usa para hacer flores de papel podría servir. Pero si no encuentras alambre apropiado, coloca unos palitos redondos delgados, tipo palillos para brochetas.

El alambre, o los palitos, deben quedar pegados o clavados en la base, abajo de las alas. Y deben tener un largo que permita a las alas subir y bajar.

El efecto que se logra con el caballito con alas es muy lindo, por eso hay muchos autómatas de este tipo.

Otra paloma

Las posibilidades de cada mecanismo, en este caso del sistema biela manivela, son inagotables. Incluso las variaciones sobre el mismo tema son tan atractivas que después de hacer un cabalito volador, puedes ensayar con esta paloma. La de la fotografía mide 30 cm de altura contra los 15 del

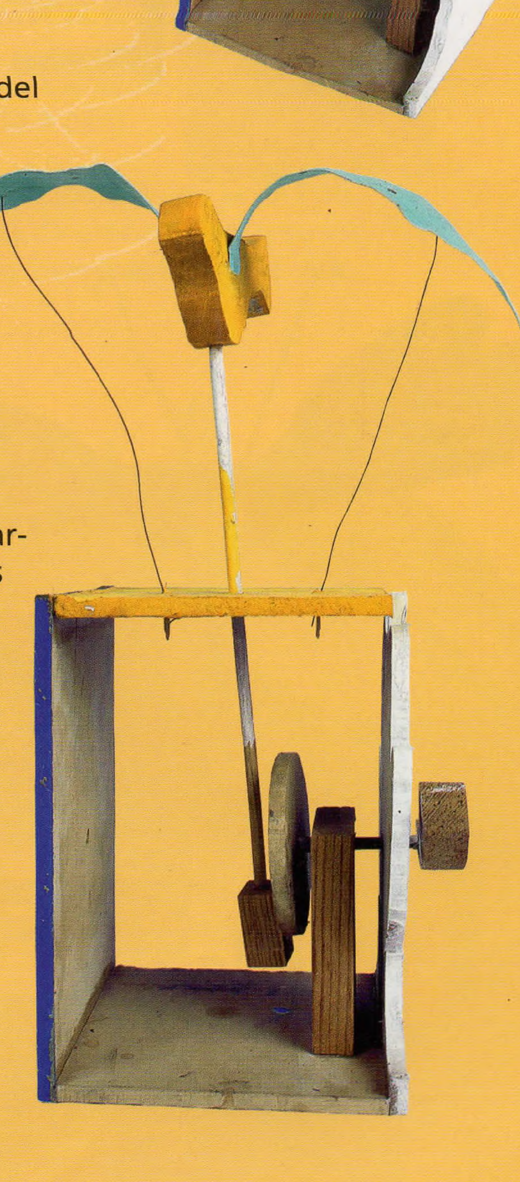
Este caballito se prepara para volar en un mito griego, mediante un mecanismo de biela manivela.

caballito. Sería bueno pintarle una cara de niña para que sea una paloma diferente a todas las palomas, pues esto es lo que tú mismo debes buscar: ser original. ¿Y cómo se puede ser original si al mismo tiempo se te ha dicho que empieces por copiar otros autómatas? En efecto, la imitación es la base de ciertos aprendizajes; pero, a partir de ahí, hay que permitir que fluyan tus propias ideas y te decidas a crear lo propio. Por eso no encuentras muchos patrones en estas páginas, para que en el mismo proceso de copiar ya estés trabajando con tus propios dibujos y diseños.

La paloma está hecha en madera de pino de media pulgada. La caja es de novopán de 6 mm. Las alas, de papel terciopelo, están sostenidas por un alambre delgado muy rígido. Atoré la punta del alambre en un parche del mismo papel de las alas. En la parte contraria, la punta del alambre se clava en la parte superior de la caja. En la segunda foto, puedes ver todavía la punta de un palillo para atorar el alambre en una pequeña perforación. Es un buen método para atorar, clavar y pegar el alambre a la madera.

El mecanismo es idéntico (pero de otro tamaño) al del caballito y al del papalote.

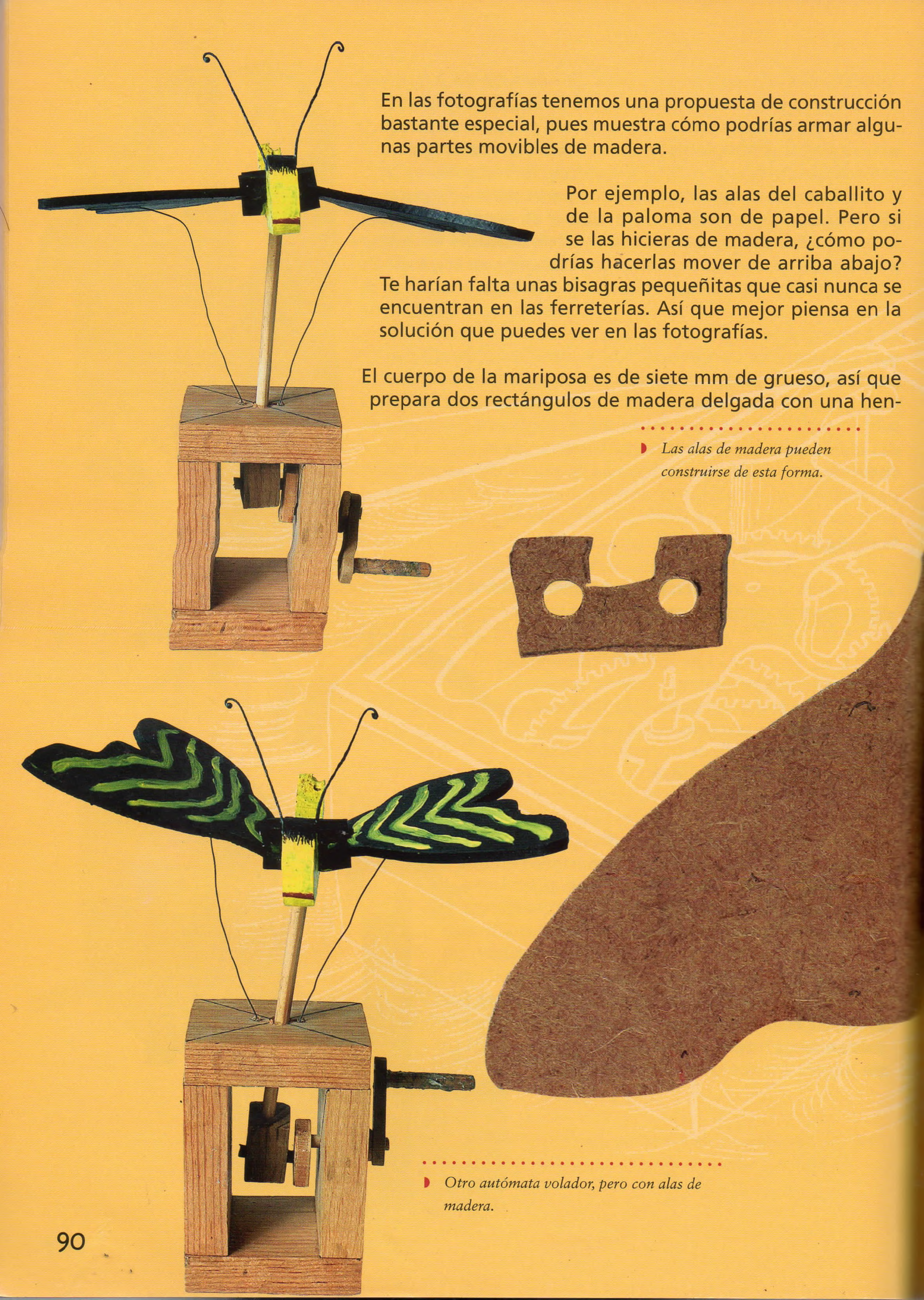
Entre los autómatas de juguete comerciales vas a encontrar cerdos, búfalos, patos, pingüinos, ángeles, cupidos, Santacloses que vuelan de acuerdo con este mismo principio. Y muchos de estos trabajos son muy originales, pues llevan el sello del autor.



Mariposa

¿Recuerdas el ángel japonés, el marinero en una barca con gaviota, el arlequín y el cisne que mueve sus patas bajo el agua? Son modelos en cartulina y, como lo pudiste constatar con el autómata de caja de cerillos, los mecanismos de papel trabajan un poco diferente a los mecanismos de metal, madera o cartón. Mejor dicho, ¡muy diferente! Por ejemplo, esos juguetes pueden moverse mediante mecanismos internos consistentes en simples tiras de papel.

También podría ser una paloma mensajera o una paloma de la Paz, o una paloma con un diseño especial y muy tuyo.



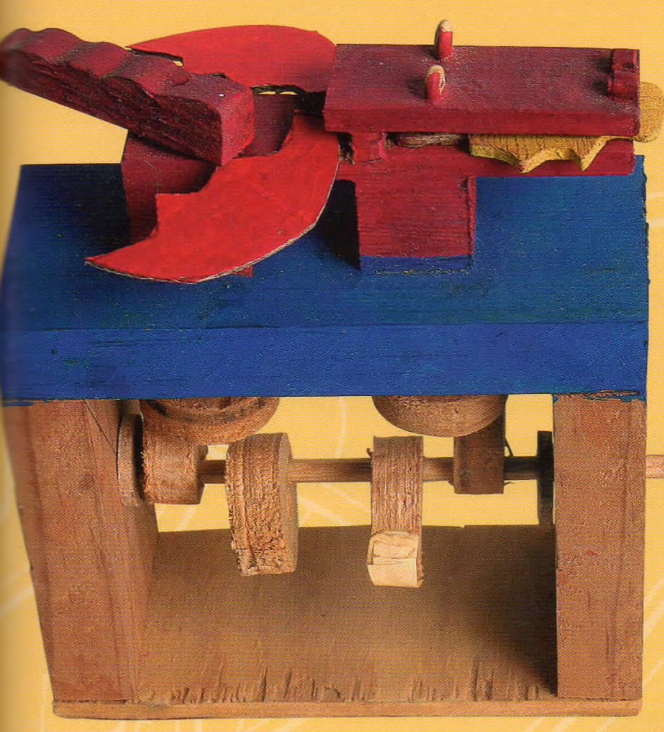
En las fotografías tenemos una propuesta de construcción bastante especial, pues muestra cómo podrías armar algunas partes movibles de madera.

Por ejemplo, las alas del caballito y de la paloma son de papel. Pero si se las hicieras de madera, ¿cómo podrías hacerlas mover de arriba abajo? Te harían falta unas bisagras pequeñitas que casi nunca se encuentran en las ferreterías. Así que mejor piensa en la solución que puedes ver en las fotografías.

El cuerpo de la mariposa es de siete mm de grueso, así que prepara dos rectángulos de madera delgada con una hen-

Las alas de madera pueden construirse de esta forma.

Otro autómata volador, pero con alas de madera.



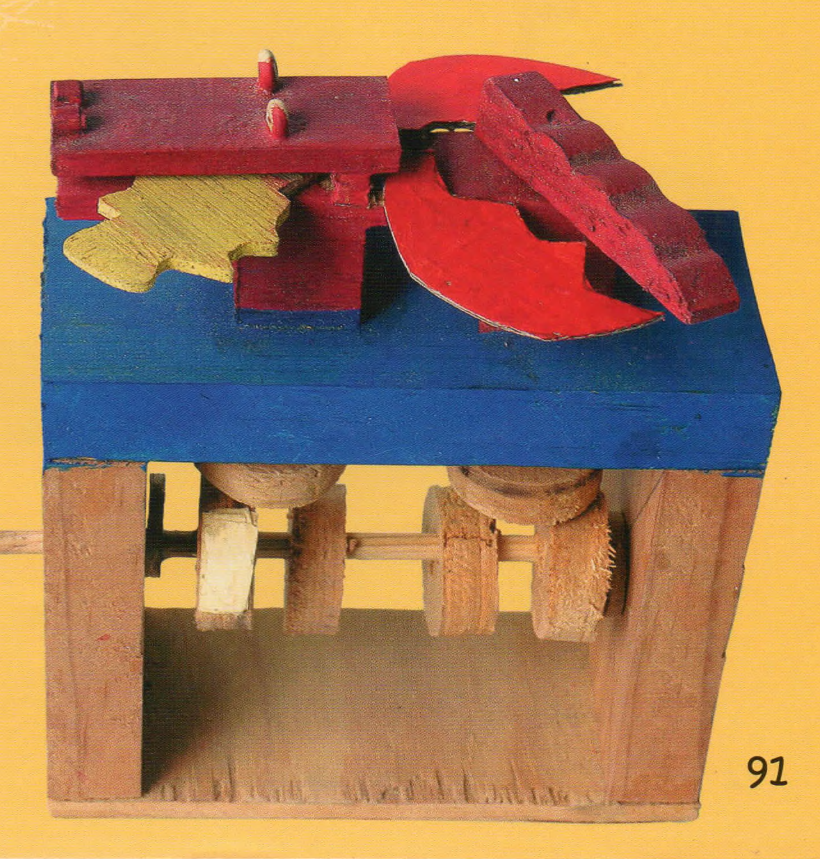
didura de esa medida, es decir, de siete mm de ancho, a fin de encajarla en el cuerpo de la mariposa. Haz dos perforaciones en cada una de estas piezas para que por ellas pasen los ganchitos de las alas. Ahora falta conectar el alambre de las alas a la base de madera y pintar la mariposa con los colores más bonitos que encuentres.

Dragón

Parece un cocodrilo con alas, pero es un dragón. Tiene una lengua larga y una cola que siempre agita. Las alas no las mueve en esta ocasión.

Lo que hace el dragoncito es relamerse los labios con esa lengua larga y mover la cola de un lado a otro.

Observa la caja de mecanismos y compárala con la de Poli, en la página 85. No hay mucha diferencia, excepto en la posición de las ruedas y en que la rueda resis-



Ten cuidado. Aunque chistoso, este dragón puede quemarte con su lengua.

tente de Poli tiene atrás un palito para que se atore y el giro de la cabeza sea el programado.

En este otro autómata, las ruedas resistentes no tienen ese tope o freno, sino que el tope se produce en la propia boca; mientras, por el lado de la cola hay dos palitos que sirven de tope.

La disposición de las ruedas motoras hace que mientras la lengua gira hacia un lado, la cola lo haga hacia el otro. Es la clase de recursos que utilizan mucho los creadores de autómatas para producir efectos chistosos.

Gato y ratón

Este autómata combina dos distintos mecanismos para armar una simpática escena, como se puede apreciar en las fotos. Hay dos autómatas que representan la misma acción. Primer acto: el gato mira el queso que tiene a su lado. Es muy sospechoso. Segundo acto: el gato mira al frente y el ratón asoma del queso. Tercer acto: el gato voltea rápidamente a ver el queso y el ratón logra esconderse antes de ser visto.

El ciclo se repite una y otra vez, pues estos animalitos son incansables.

Ahora veamos cómo funciona el autómata. El gato tiene, en la caja de mecanismos, un juego de ruedas de fricción que le hacen girar la cabeza de un lado a otro. Hay un palito a un lado de la rueda resistente: en él se detiene un palillo que está clavado en la rueda.

Dos acciones forman los tres actos de este gato tonto y este ratón listo.

Abajo del ratón tenemos una leva sincronizada con los movimientos del gato, precisamente para que no lo vea. Para hacer esta programación, tienes que ir acomodando la leva hasta que se sincronice con el gato.

También esta resolución técnica tiene muchas variantes, como puede ser una gallina en lugar del queso y unos pollitos en lugar del ratón, de modo que los pollitos se escondan del gato. Pero, continuando con los roedores, éstos pueden volver medio loco al gato si le pones un segundo queso del otro lado, con su respectivo ratón, por supuesto. En esta variante, el gato estaría en medio y necesitaría dos palitos para detener el giro de la rueda resistente.

Con este proyecto cerramos nuestra fuente de recursos y proyectos, aunque para cuando llegues a estas líneas, habrás abierto nuevas vías a la imaginación, al conocimiento y a la creatividad.

Con la práctica llegarás a comprender mejor los mecanismos. Entonces, las fórmulas matemáticas y las combinaciones mecánicas asociadas a ellos te serán más fáciles de estudiar; pero sobre todo, desde ahora puedes empezar a diseñar tus propios autómatas de juguete y un día tu propio robot.



Éste es un buen ejercicio de sincronización de los mecanismos: la rueda de fricción y la leva que está bajo el ratón.

Bibliografía

Bartholomew, Charles, *Mechanical Toys*, Hamlyn, Londres, 1979.

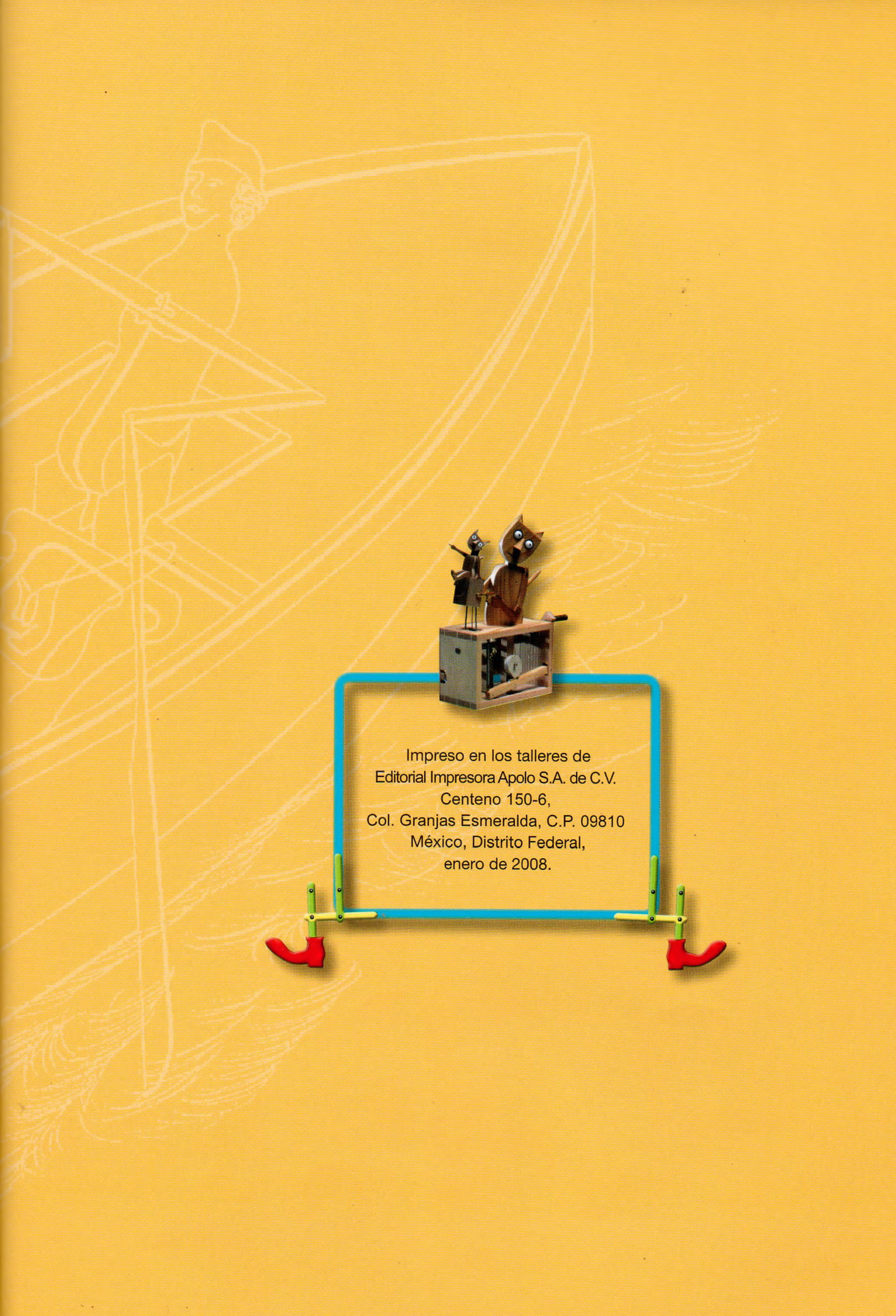
Coutts, Lyn (ed.), *Dolls*, Grange Books, Londres, 1999.

Chapuis, Alfred y Edmond Droz, *Les automates. Figures artificielles d'hommes et d'animaux. Historie et technique*, Éditions du Griffon, Neuchatel, 1949.

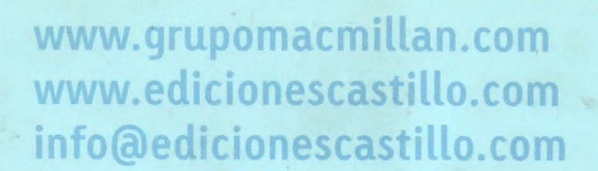
Domingo, Eva (ed.), *El maravilloso mundo de las muñecas de porcelana*, Planeta-DeAgostini, Barcelona, 1999.

El Museo del Oro. Sus mejores piezas, Banco de la República-Museo del Oro, Santafé de Bogotá, 2000.

Gerwat-Clark, Brenda, *El gran libro del coleccionista de muñecas*, RBA Coleccionables, Barcelona, 1999.



Impreso en los talleres de
Editorial Impresora Apolo S.A. de C.V.
Centeno 150-6,
Col. Granjas Esmeralda, C.P. 09810
México, Distrito Federal,
enero de 2008.



Este libro es una introducción al mundo de los mecanismos que hacen trabajar tanto a los robots más avanzados como a los autómatas de juguete más sencillos. Pero, ¿qué son los autómatas? A lo largo de su historia, se les ha definido de distintas maneras: como "ingenios mecánicos", "esculturas en movimiento", "máquinas vivas" o "criaturas artificiales que se mueven por sí mismas". Lo cierto es que son un lazo entre el origen y el futuro de la tecnología, entre los primeros muñecos que en la Grecia antigua se movían a base de vapor y las muñecas de porcelana que caminaban ya para el siglo XIX. Y, por supuesto, sin los constructores de autómatas ninguna rama del saber se encontraría en su estado actual de desarrollo.

Al familiarizarse con los mecanismos de diseño y la construcción de los juguetes propuestos en esta obra, el lector estará en condiciones de crear sus propios autómatas con diferentes materiales y un poco de ingenio, tecnología y ganas de divertirse de una manera muy original.



